

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCION.**

Las técnicas culturales aplicadas a la producción agrícola, han experimentado cambios rápidos y notables durante las últimas décadas. Parte de estos ha consistido en la sustitución gradual de los cultivos tradicionales en el suelo por los cultivos sin suelo. La principal razón de esta sustitución es la existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en el suelo natural, tanto en campo abierto como en condiciones protegidas (invernadero), particularmente por erosión, salinidad, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas. Frente a los cultivos hortícolas tradicionales, instalados sobre un suelo normal, los cultivos sin suelo aparecen como una alternativa imprescindible, para dar solución a diversos problemas que se presentan; dichos cultivos forman parte de los sistemas de producción hidropónicos (Duran y Martínez, 1999).

Por otro lado la utilización de soluciones estáticas, para producir tomate bajo invernadero en cultivo hidropónico, contienen las mismas concentraciones de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo y las emplean para cualquier planta; sin embargo se debe tomar en cuenta que cada cultivo tiene sus propias exigencias nutricionales (principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio), de acuerdo a su fase de cultivo la planta demanda diferentes cantidades de nutrientes.

Hasta el momento no se ha generado información específica del uso de soluciones nutritivas adaptadas a las diferentes fases de crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (soluciones dinámicas), para las condiciones de nuestro país.

En el caso específico del tomate, se menciona que la solución nutritiva debe ser modificada de acuerdo al estado de crecimiento y desarrollo del cultivo. Para el tomate, se han definido tres niveles de nutrición (UNALM, 2002): a) el nivel 1 o vegetativo, en donde se debe aumentar la concentración de nitrógeno para inducir un mayor crecimiento vegetativo en las plantas; b) el nivel 2 o floración, en donde se debe aumentar la concentración de fósforo para inducir la floración en las plantas, ya que esta es una de las etapas donde se consumen las mayores cantidades de este elemento; c) el nivel 3 o fructificación, en donde se debe aumentar la concentración de potasio, pues este elemento juega un papel fundamental en la calidad (color, sabor) del fruto, debido a su participación en el desplazamiento de azúcares y en el equilibrio hídrico de la planta.

La utilización de soluciones nutritivas dinámicas permiten mantener una nutrición sincronizada entre las fases de crecimiento y desarrollo de las plantas, con la absorción de nutrientes de mayor importancia en cada una de ellas, obteniéndose así mayor aprovechamiento de nutrientes y un incremento substancial en la producción.

El uso del sistema de hidroponía cerrada nos permite aprovechar al máximo agua y nutrientes presentes en la solución nutritiva, evitando desperdicio de agua y lixiviación de nutrientes.

El objetivo fue evaluar tres concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva sobre el rendimiento del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum Mill*, híbrido titán bajo el sistema de hidroponía cerrada, para lo cual se propone puntos específicos como:

Establecer la respuesta a tres concentraciones de nitrógeno en solución nutritiva, expresada en rendimiento de frutos (kg/planta)

Medir la respuesta a tres concentraciones de potasio en solución nutritiva, expresada en rendimiento de frutos (kg/planta)

Evaluar la interacción nitrógeno-potasio sobre el rendimiento del cultivo.

Determinar la rentabilidad y la relación beneficio/costo de los tratamientos evaluados.

La investigación muestra la influencia de las diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en la solución nutritiva, incrementando la productividad del cultivo de tomate bajo el sistema hidropónico cerrado.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISION BIBLIOGRAFICA.**

#### **2.1 La planta de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.**

##### **2.1.1 Caracteres botánicos.**

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum esculentum* Mill, potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad, (Suquilanda, 2003).

- a) **Raíz**, El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. (Borja, 2001)
- b) **Hojas**, es compuesta, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolo, al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras de sustancias aromáticas.
- c) **Flores**, Se debe tener en cuenta las condiciones del medio como la temperatura, la luminosidad y la humedad para que se desarrollen el número adecuado de flores para que produzcan racimos con yemas foliares y flores con sépalos muy largos, (Ávalos, 2004).

- d) **Fruto**, El fruto del tomate es una baya que tiene variedad de formas de acuerdo al tipo de planta, presenta diferentes tamaños y colores.

### **2.1.2 Crecimiento de la planta.**

En la planta de tomate normalmente cuando ha desarrollado de 5 a 8 hojas, aparece un racimo floral terminal en su tallo principal. La excesiva temperatura y poca iluminación hace que se retrase la aparición del primer racimo floral (Ávalos, 2004).

En Ecuador existen los mercados híbridos de diferente comportamiento de crecimiento (Suquilanada, 2003).

- a) **El crecimiento indeterminado**, indica que el crecimiento de la planta es indefinido, cuando las condiciones de crecimiento lo permiten, se pueden desarrollar la planta durante un largo período, logrando la producción de varios racimos.
- b) **El crecimiento determinado**, se caracteriza porque se cultiva a campo abierto, como su nombre lo indica el crecimiento de la planta es limitado.

### **2.1.2 Híbrido.**

Cuberd (2002), describe, como la descendencia de dos progenitores los cuales difieren en una o más características; producidas por fecundación cruzada con la finalidad de conferir propiedades determinadas que permitan obtener un fruto de mayor calidad.

**Híbrido.-Tomate titán F1** (F.A.O, 2004)

Material larga vida, frutos con peso promedio de 178 gramos, resistente a *Verticillium* y *Fusarium*, susceptible a nematodos, frutos de sabor excelente y color rojo intenso.

### **2.1.3 Exigencias ambientales del tomate bajo hidroponía.**

El origen tropical del tomate, determina la susceptibilidad para climas o ambientes calientes, templados y su sensibilidad en particular al frío; con diferencias amplias entre los valores de los ambientes, respecto a una constante no normal entre la parte hipógea (raíz) y la parte epigea (follaje) de la planta (Zamora, 2000).

#### **a) La luz y la fotosíntesis.**

La fotosíntesis es el método biológico mediante el cual las plantas sintetizan, a partir de materia inorgánica, materia orgánica como azúcares y proteínas, el tiempo total de luz que debe recibir una planta es de al menos 6 horas.

#### **b) Humedad.**

Para el cultivo del tomate hidropónico, la humedad ideal debe ser entre 65% a 75% en la noche y de 80% a 90% en el día. La humedad garantiza que las plantas puedan transpirar, refrescar la temperatura, mejora el tamaño de los tomates hidropónicos y además asegura que las hojas no crezcan excesivamente y mejore la floración.

#### **c) Circulación de aire y calidad del aire.**

Las plantas en un cultivo de tomate hidropónico, si están en un sistema totalmente cerrado, requieren medios de ventilación y circulación del aire que pueda además tener generadores de CO<sub>2</sub> para aumentar la cantidad de carbono utilizable para la fotosíntesis y generación de azúcares por parte de las frutas del cultivo hidropónico.

## **2.2 Cultivo hidropónico.**

### **2.2.1 Hidroponía.**

Los comienzos del cultivo hidropónico se remontan al siglo XVIII, hacia el año 1650, cuando Helmont, tratando de demostrar la teoría aceptada para la época de que las plantas formaban sus sustancias nutritivas a partir del agua; plantó un esqueje de sauce en un recipiente y tras regarlo durante 5 años comprobó que mientras la tierra había disminuido unos 62g, el peso del sauce aumento 164 lbs., lo cual lo llevó a concluir que el agua había suministrado al sauce las sustancias nutritivas. La hidroponía se ha difundido en América del Sur, Israel, América del Norte, Holanda, Bélgica, Francia, Italia, Unión Soviética, Japón y América, teniendo como principal cultivo el tomate (Zambrano, 2006).

### **2.2.2 Técnica hidropónica NTF.**

**2.2.2.1. Definición.-** La NFT (**Técnica de la película nutriente**), es relativamente reciente, consiste en mantener en circulación una fina capa de solución nutritiva (SN) en las raíces de las plantas para proveer agua y nutrimentos, entre ellos el oxígeno. Las plantas crecen en canales formados por una película de polietileno, dentro de los cuales se depositan las raíces, se cubre de la luz y se hace fluir la SN, el plástico es completamente opaco en su interior, para evitar el desarrollo de algas, mientras que en su exterior es de color blanco para evitar el calentamiento de la SN y las raíces (Graves, 1983).

#### **2.2.2.2 Elementos constituyentes de una instalación de NFT.**

- Canal de cultivo.
- Tanques para la solución nutritiva.
- Canales de distribución de solución.
- Recipiente de reserva de solución.
- Esponja o malla para soporte de la planta.
- Drenaje de reciclado de solución NFT que va hacia el tanque o recipiente de reserva

### **2.2.3. La solución nutritiva en NFT.**

**2.2.3.1. Definición.-** La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua, desde hace muchos años se ha probado que los siguientes elementos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno y cloro (Sánchez y Escalante, 1981)

La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998).

#### **a) Macro elementos.**

El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, denominados como macro elementos, se añaden al agua usando casi siempre como fuente, fertilizantes comerciales altamente solubles.

#### **b) Microelementos.**

El hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno y cloro, denominados microelementos, van a menudo incluidos como impurezas en el agua y fertilizantes que proporcionan los macroelementos, y a excepción del hierro que sólo se añade a la solución cuando existe necesidad.

### **2.2.3.2. Funciones de los nutrientes en la planta.**

Los elementos nutritivos que realizan funciones específicas en la vida de las plantas, pueden clasificarse en tres grandes grupos (Favela, 2006):

- a) **Estructurales.** Estos elementos forman parte de la molécula de uno o más compuestos orgánicos, por ejemplo: N- Aminoácidos y proteínas, pectatos de Ca (Sal de ácido poligalacturónico) de la lámina media de la pared celular, por ejemplo el magnesio, ocupa el centro del núcleo tetrapirrólico de las clorofilas.
- b) **Constituyentes de enzimas.** Se trata de casos particulares del primero, que se refieren a elementos generalmente metales o de transición (Mo); los cuales forman parte del grupo prostético de enzimas, esencial para que éstas cumplan sus funciones, como es el caso del Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Ni.
- c) **Activadores enzimáticos.** Forman parte del grupo prostético o elemento disociable de la fracción proteínica de las enzimas; son necesarios para que éstas cumplan sus funciones.

Favela, 2006; menciona que, las principales fuentes de nutrientes que forman parte de una solución nutritiva para los cultivos hidropónicos son las siguientes:

#### **2.2.3.2.1. Nitrógeno (N).**

##### **a) Forma de absorción.**

Las plantas pueden absorber este nutrimento en forma de ion  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_4^+$ , el  $\text{N}_2$  atmosférico; también lo aprovechan mediante reducción microbiana. Las plantas pueden absorber N en forma orgánica (urea y aminoácidos), tanto por las raíces como por la parte aérea.

El sistema radicular de las plantas absorbe el N en forma de  $\text{NO}_3^-$  ó  $\text{NH}_4^+$ . El primero puede transformarlo la raíz, o puede transportarlo el xilema, para que posteriormente lo transformen las hojas de la planta. En cambio, el  $\text{NH}_4^+$  lo transforma inmediatamente la raíz a glutamina, para luego ser transportado a la parte superior de la planta. Los  $\text{NO}_3^-$  absorbidos, la enzima nitrato reductasa los transforma a  $\text{NO}_2^-$  el cual, a su vez, nitrito reductasa lo reduce a  $\text{NH}_4^+$ .

### **b) Funciones fisiológica.**

Después del carbono, hidrógeno, oxígeno y potasio, el nitrógeno (N) es uno de los elementos más abundante en las plantas.

El N se encuentra en la planta en forma orgánica e inorgánica, y forma parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas clorofila y alcaloides.

Aunque el N inorgánico se puede acumular en forma de nitrato, el N orgánico predomina por el mayor peso molecular de las proteínas vegetales. Alrededor del 80 % del N que absorbe la planta, se utiliza para formar proteínas, el 10 % ácidos nucleicos, el 5 % aminoácidos solubles, y el resto otros compuestos.

### **c) Concentración foliar.**

El N constituye entre el 1.5 y 6.0 % de la materia seca de muchos cultivos, que varía según la especie de que se trate, la edad de la planta (disminución del N en hojas conforme envejece el cultivo) y la parte que de ella se considere.

### **d) Sintomatología de deficiencia.**

Cuando existe una deficiencia de N en la planta, se detiene o disminuye el crecimiento de sus órganos, lo que propicia una proteólisis que moviliza el N existente y propicia la muerte de algunos órganos y tejidos. Con la deficiencia de este elemento se asocia una coloración verde pálida, que aparece, en primer lugar, en las hojas inferiores, para luego moverse hacia las superiores. Cuando existen deficiencias extremas de N, todas las hojas se tornan amarillas, y llegan a producirse coloraciones púrpuras en sus tejidos y venas.

Las principales fuentes de nitrógeno son:

- Nitrato de potasio.
- Nitrato de calcio.
- Nitrato de amonio.
- Sulfato de amonio.
- Fosfato monoamonico.

#### **2.2.3.2.2. Fósforo (P).**

##### **a) Forma de absorción.**

Las plantas absorben el fósforo en forma iónica, como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , aunque excepcionalmente pueden tomarlo en forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

##### **b) Funciones fisiológicas.**

El P es un componente de ciertas enzimas y proteínas, adenosina trifosfato (ATP), ácido ribonucleico (ARN) y ácido desoxirribonucleico (ADN); el ATP participa en varias reacciones de transferencia de energía, el ARN y el ADN son componentes de la información genética; también el P forma parte del ácido fítico, principal forma de P en las semillas.

Las principales fuentes de fosforo son:

- Fosfato de amonio.
- Fosfato diamonico.
- Superfosfato de calcio simple.
- Superfosfato de calcio triple.

#### **2.2.3.2.3. Potasio (K).**

**a) Forma de absorción.** El potasio se absorbe en forma de  $\text{K}^+$ .

##### **b) Funciones fisiológicas.**

El K es un activador en gran cantidad de procesos, los cuales son necesarios para la conservación del estado del agua de la planta y de la presión de la turgencia de las células, así como para la apertura y el cierre estomático. El K promueve la acumulación y la rápida translocación de los carbohidratos elaborados recientemente.

### **c) Concentración foliar.**

El K constituye del 1.0 % al 5 % de la materia seca del tejido. El contenido de K se considera deficiente o excesivo cuando su nivel es menor de 1.5 % ó mayor de 3.0 %, respectivamente; sin embargo, el nivel óptimo de este nutrimento puede ser mayor al 8.0 % en el tejido de los tallos de algunas legumbres.

### **d) Sintomatología de deficiencia.**

En casos de deficiencia, el K se transloca hacia los meristemos; los síntomas se muestran en las hojas inferiores, que en sus bordes muestran un amarillamiento y una posterior desecación conforme avanza la deficiencia; esta desecación continúa avanzando hacia el interior de la lámina foliar y de las hojas basales a las superiores e, inclusive, puede haber una defoliación prematura de las hojas viejas.

Las principales fuentes de potasio son:

- Nitrato de potasio.
- Sulfato de potasio.
- Cloruro de potasio.

### **2.2.3.2.4. Calcio (Ca).**

**a) Forma de absorción.** El calcio se absorbe en forma de ión  $\text{Ca}^{2+}$ .

### **b) Funciones fisiológicas.**

Participa como componente estructural de paredes y membranas celulares, así como cofactor de varias enzimas. Constituye los pectatos de calcio como parte de la estructura celular, lo que contribuye a la rigidez de la pared celular.

Sus principales fuentes son:

- Nitrato de calcio.
- Sulfato de calcio.
- Superfosfato simple y triple.

#### 2.2.3.2.5. Magnesio (Mg).

**a) Forma de absorción.** El magnesio se absorbe activamente en forma de  $Mg^{2+}$ .

**b) Funciones fisiológicas.**

Al igual que el Ca, el Mg puede encontrarse en las plantas como elemento estructural (forma parte de la molécula de clorofila) o como cofactor enzimático que actúa sobre sustratos fosforilados, por lo que tiene gran importancia en el metabolismo energético.

Fuente:

- Sulfato de magnesio (sal Epsom).
- Sulfato de magnesio (anhidro).

#### 2.2.3.2.6 Azufre (S).

**a) Forma de absorción.**

El azufre absorbido como  $SO_4^{2-}$  por lo que, debe reducirse antes de que se incorpore a los componentes orgánicos. La absorción de  $SO_4^{2-}$  por la raíz es un proceso activo, mediante el cotransporte con  $H^+/SO_4^{2-}$ .

**b) Funciones fisiológica.**

Forma parte de las proteínas como integrante de los aminoácidos azufrados cistina, cisteína y metionina. Es constituyente de algunas enzimas, vitaminas y coenzimas, que participan en el metabolismo, asimismo ayuda a la estabilización de la estructura de las proteínas (Bertsch, 1995).

Las principales fuentes de azufre son:

- Sulfato de amonio
- Sulfato de potasio
- Superfosfatos
- Sulfato de magnesio
- Sulfato de calcio

#### 2.2.3.2.7. Hierro (Fe).

a) **Forma de absorción.** El hierro se absorbe activamente en forma  $\text{Fe}^{2+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ .

b) **Funciones fisiológicas.**

Actúa como activador enzimático en la síntesis de clorofila; es un factor necesario, pero no forma parte de la molécula (Bertsch, 1995).

Las principales fuentes de hierro son:

- Sulfato ferroso
- Cloruro férrico
- Quelatos

#### 2.2.3.2.8. Manganese (Mn).

a) **Forma de absorción.** La raíz de la planta absorbe el magnesio como  $\text{Mn}^{2+}$ .

b) **Funciones fisiológicas.**

El Mn se encuentra envuelto en los procesos de oxidación-reducción en el sistema fotosintético del transporte de electrones.

El manganese en la solución nutritiva, es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganese.

#### 2.2.3.2.9. Otros.

##### **Boro (B).**

a) **Formas de absorción.** La planta absorbe al B en forma de ácido bórico y lo transporta desde la raíz, vía xilema, por un proceso pasivo de transpiración.

### **b) Funciones metabólicas.**

La función más conocida del B es la transportación de azúcares a través de la planta; también participa en la síntesis del ácido giberélico y en el metabolismo del ARN. El papel que desempeña el boro en la germinación del polen y su viabilidad, es de gran importancia. Su principal fuente es el ácido bórico.

### **Cobre (Cu).**

**a) Forma de absorción.** La absorción del cobre tiene lugar en forma de  $\text{Cu}^{2+}$ .

### **b) Funciones fisiológicas.**

Por su importancia en procesos redox, es un nutrimento con características similares a las del hierro. El Cu participa en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, en la fijación del N atmosférico, y es un componente de las enzimas (citocromo oxidasa, polifenol oxidasa y ácido ascórbico oxidasa), las cuales reducen el oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ), al catalizar procesos de oxidación. Sus principales fuentes son

- Sulfato de cobre.
- Cloruro de cobre.

### **Zinc (Zn).**

**a) Formas de absorción.** El zinc se absorbe de forma activa como  $\text{Zn}^{2+}$ .

### **b) Funciones fisiológicas.**

Es fundamental en la síntesis de auxinas, especialmente en la ruta metabólica del triptófano que conduce a la formación del ácido indolacético, se aporta a la solución como:

- Sulfato de zinc.
- Cloruro de zinc

## **Molibdeno.**

**a) Forma de absorción.** Al molibdeno lo absorbe la planta en forma activa, como anión molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ).

### **b) Funciones fisiológicas.**

Su función parece estar relacionada con las reacciones de transferencia de electrones. El Mo es constituyente de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa; la primera, indispensable en la reducción de los nitratos, la segunda, en la fijación biológica de nitrógeno.

### **2.2.3.3. Requerimientos de macro nutrientes según su fase fenológica.**

La selección de elementos nutritivos de una SN universal. al momento de la absorción por la planta, se puede explicar desde un punto de vista fisiológico, al no variar el equilibrio iónico de la SN durante el ciclo de cultivo; sin embargo, en una producción comercial, la nutrición de los cultivos debe tomar en cuenta aspectos técnicos y económicos.

La planta no absorbe nutrimentos en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la SN se adapta al ritmo de absorción de la planta (Adams, 1994; Rincón, 1997).

Los investigadores del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Perú, (CIHNM), afirman que la solución nutritiva en el cultivo de tomate debe ser cambiada de acuerdo al estado de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Asimismo afirman que el tomate y otras hortalizas de fruto, por lo general tienen tres niveles de nutrición:

- a) **El nivel de nutrición 1 (vegetativo)**, debe aplicarse los dos primeros meses después del trasplante, con esto se logra principalmente el engrosamiento del tallo de las plantas. Para esto se debe mantener una dosis alta de nitrógeno de 180 - 200 partes por millón (ppm), luego reducirla a 150 ppm.
- b) **El nivel de nutrición 2 (floración)**, debe aplicarse del segundo al tercer mes del cultivo, con esto se logra estimular la floración y para ello se debe aumentar el nivel de fósforo de 40 - 50 ppm.
- c) **El nivel de nutrición 3 (fructificación)**, debe aplicarse a partir del tercer mes del cultivo, en donde se debe reducir los niveles de fósforo y elevar el nivel de potasio de 250 - 300 ppm.

#### **2.2.3.3. Cálculos de la solución nutritiva (SN) en ppm.**

Partiendo del contenido de elementos de una sal podemos calcular, la cantidad en ppm que se necesita para la SN, para lo cual se indican los siguientes pasos.

**Paso1:** De acuerdo a los elementos que contiene una sal (fertilizante) y sus pesos atómicos aproximados, los cuales podemos sacar de cualquier tabla periódica.

**Paso2:** Calculo del peso molecular, el cual se obtiene de acuerdo al número de átomos de cada uno de los elementos multiplicado por el peso atómico del mismo, la suma de lo este producto corresponde al peso molecular.

**Paso 3:** Considerando el peso molecular como el 100%, podemos calcular el porcentaje de cada elemento respecto al peso molecular.

**Paso 4:** Habiendo calculado el porcentaje podremos calcular el contenido de un elemento en cualquier cantidad de sal empleada.

**(Peso gramos de la sal)(% del elemento) = peso en gramos de elemento.**

**Paso 5:** En resumen, las partes por millón se pueden calcular a partir de cualquiera de las siguientes fórmulas:

**ppm (elemento) = sal (fuente en gr/1000 litros) (Peso atómico del elemento)/(Peso Molecular).**

**ppm (elemento) = sal (fuente en gr/1000 litros) x (Porcentaje del elemento)/100.**

#### **2.2.3.4. Ejemplo de cálculo de las formulaciones de nutrientes.**

Si en una formulación se nos pide 200 ppm de calcio (200mg/g) nosotros necesitamos 200mg de calcio en cada litro de agua. En 164 mg de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> nosotros tenemos 40 mg de Ca (utilizando los pesos atómicos y moleculares para determinar la fracción de calcio en el nitrato de calcio, considerando que tenga 100 por 100 de pureza del nitrato de calcio. El primer paso será el cálculo cuanto de nitrato de calcio, se necesita para obtener 200 mg de Ca esto se hace por medio de la siguiente relación.

164 mg Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> nos da 40 mg de Ca.

X mg Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> nos da 200 mg de Ca.

Regla de tres simple:

$$\frac{Ca}{Ca (NO_3)_2} : \frac{40}{164} = \frac{200}{X}$$

$$40X = 200 \times 164$$

$$X = \frac{200 \times 164}{40} = 820$$

Así pues, 820 mg de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> nos darán 200 mg de Ca, si los 820 mg se disuelven en un litro de agua, la solución resultante nos dará una concentración de 200 ppm (200mg/l) de Ca. Esto si consideramos que el Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> tiene una pureza de 100%, pero en la practica esto no es posible por lo que se debe calcular tomando en cuenta este factor, tomando como referencia una pureza de 90% el calcula seria el siguiente.

$$\frac{100}{90} \times 820 = 911 \text{ mg Ca (NO}_3\text{)}_2$$

De la misma manera se procede para el resto de nutrientes.

### **2.2.3.5. Manejo de la solución nutritiva.**

Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, temperatura y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón, 1997).

#### **a) pH de la Solución Nutritiva.**

El pH de la SN se determina por la concentración de los ácidos y de las bases. El pH se define una vez que se establece la proporción relativa de los aniones y los cationes, y la concentración total de ellos en me L-1, lo cual significa que el pH es una propiedad inherente de la composición química de la SN y no puede cambiar independientemente (De Rijck y Schrevens, 1998).

El pH apropiado de la SN para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la SN no es estático, ya que depende del CO<sub>2</sub> en el ambiente, de que la SN se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada, etc.

Así por ejemplo, la SN de Steiner contiene solamente N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, el cual ocasiona un pH fisiológicamente alcalino; a medida que las plantas absorben el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, la SN tiende a alcalinizarse, debido a que a la absorción del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> la acompaña una liberación de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> u OH<sup>-</sup>. Cuando se adiciona el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> el pH se amortigua, ya que al absorberlo el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, al H<sup>+</sup> lo liberan las raíces y la SN se acidifica.

El pH de la SN se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido de ellos en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Rincón (1997); además, con un alto pH en la SN, el Ca y el Mg pueden precipitar con el  $\text{HPO}_4$  (De Rijck y Schrevens, 1998).

El pH óptimo de la SN es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra:

- Regulación el contenido de  $\text{HCO}_3$ .
- Solubilizar al  $\text{H}_2\text{PO}_4$ .
- Inhibición de la precipitación de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ .

#### **b) Relación $\text{NO}_3$ : $\text{NH}_4$ .**

El  $\text{NO}_3$  es la principal forma química en que las plantas se abastecen de N; sin embargo, una pequeña fracción en la forma de  $\text{NH}_4$  presenta algunos beneficios en la nutrición de las plantas de tomate. El pH de la SN puede variar dependiendo de la relación en la absorción de aniones y de cationes, en la medida que las plantas absorben más aniones el pH de la SN aumenta (Guill y Reisenauer, 1993).

#### **c) Temperatura de la Solución Nutritiva**

La temperatura de la SN influye en la absorción de agua y nutrientes. La temperatura óptima para la mayoría de las variedades de tomate es de aproximadamente 22 °C, en la medida que la temperatura disminuye también disminuye la absorción y asimilación de los nutrientes.

La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrientes, puede ocasionar su deficiencia en la planta, además de un desbalance en la relación mutua entre los iones.

Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los nutrientes; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrientes, lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón, 1997).

#### **d) Contenido de oxígeno disuelto**

El agua, además de disolver las sales que corresponden a los nutrimentos en forma natural, también lo hace con el oxígeno que requieren las raíces. La temperatura de la SN tiene relación directa con la cantidad de oxígeno que consumen las plantas, e inversa con el oxígeno disuelto en ella. En la SN a 10°C, la concentración de saturación es de 10.93; a 15 °C, de 10.2 ppm; a 25 °C, de 8.5 ppm; a 35 °C, de 7.1 ppm; a 45 °C, de 6 ppm de oxígeno (Steiner, 1997).

El suministro de oxígeno en la SN se puede lograr mediante su recirculación en los sistemas NFT, NGS y en los riegos por subirrigación en grava o tezontle. En los sistemas en flotación, el suministro de oxígeno se puede aplicar mediante una bomba de aire o un compresor. Es recomendable inyectar el aire en varios puntos de la SN, con el fin de que la concentración de oxígeno sea más homogénea.

### **CAPÍTULO III**

#### **3. MATERIALES Y METODOS.**

##### **3.1. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.**

Esta investigación se realizó en la propiedad del Sr. Ángel Remache, ubicada en la parroquia de San José de Chaltura, misma que presenta las siguientes características geográficas;

###### **3.1.1. UBICACIÓN.**

La fase de campo de esta investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia de San José De Chaltura, sector Loma de Ramírez, a una altitud de 2360 msnm con latitud 00° 22'00'' Norte y longitud 78° 11'00'' Oeste.

###### **3.1.2. CONDICIONES CLIMATICAS.**

Temperatura Media Anual : 16°C.

Precipitación media anual : 752 mm. – (Meses secos 27,9 mm.)

Humedad Relativa : 68,9% en los meses secos

Meses Secos : Mayo – septiembre

Clima : Templado-seco.

## **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.**

Para la siguiente investigación, se utilizó los siguientes recursos;

### **3.2.1. MATERIALES.**

- Invernadero (200m<sup>2</sup>).
- Canales de cultivo de (0,10m alto x 0.20m ancho y 3m de largo).
- Tanques de 200litros.
- Malla.
- Tubos de ½ pulg y manguera de ¾.pulg.
- Cinta de goteo y accesorios.
- Alambre.
- Pingos y estacas.
- Herramientas de cultivo.
- Flexómetro
- Calibrador (pie de rey).
- Rótulos de madera.

### **3.2.2. EQUIPOS.**

- Equipo de fumigar.
- Bomba caudal 1".
- Cámara fotográfica.
- Computador.
- Balanza digital.

### **3.2.3. INSTRUMENTOS.**

- Termómetro.
- Potenciómetro.

### **3.2.4. INSUMOS.**

- Fertilizantes.
- Agroquímicos.
- Agua.

### **3.3. METODOS.**

#### **3.3.1. FASE VEGETATIVA (HASTA LOS 60 DIAS).**

##### **3.3.1.1. Factores en estudio.**

##### **Concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.**

N0:150 ppm de nitrógeno.

N1:200 ppm de nitrógeno.

N2:250 ppm de nitrógeno

N3:300 ppm de nitrógeno.

##### **3.3.1.2. Tratamientos.**

##### **Cuadro 1: Concentración en partes por millón (ppm) de nitrógeno.**

<b>Nivel de nutrición.</b>	<b>Vegetativo</b>
Nutriente evaluado.	Nitrógeno.(ppm)
<b>Tratamientos:</b>	
<b>N0</b>	150
<b>N1</b>	200
<b>N2</b>	250
<b>N3</b>	300
Nutrientes invariables	P: 50, K: 150.

##### **3.3.1.3. Diseño experimental.**

Se utilizó una distribución de Diseño Completamente al Azar, con cuatro concentraciones de nitrógeno, se realizó nueve repeticiones por tratamiento a excepción del tratamiento testigo (N0) que tuvo tres repeticiones, dando un total de treinta unidades experimentales.

#### **3.3.1.4. Características del experimento.**

El canal de cultivo fué de forma rectangular (0,10m de alto; 0,27m de ancho y 3m de largo), cada unidad experimental constó de 6 plantas, distribuidas a 0,5m de distancia a lo largo del canal.

#### **3.3.1.5. Análisis estadístico.**

**Cuadro 2: Esquema de análisis de varianza.**

<b>Fuente de variación.</b>	<b>Grados de libertad.</b>
Total.	29
C. Nitrógeno.	3
Error Expet.	26

Coefficiente de variación= %.

#### **Tipos de pruebas.**

Para las variables que mostraron significancia se realizó las siguientes pruebas.

- Para las concentraciones de nitrógeno, la prueba de Duncan al 5%.

#### **3.3.1.6. Variables a evaluar.**

Para la fase vegetativa se tomó las siguientes variables.

##### **3.3.1.6.1. Altura de planta.**

Se evaluaron a los 30 y 60 días a partir del trasplante, se realizó la toma de la altura de todas las plantas del ensayo, para lo cual se consideró desde el cuello de la planta hasta el punto más elevado que alcanzó la misma, expresada en cm.

### **3.3.1.6.2. Diámetro de la base del tallo.**

Esta variable fué medida aproximadamente a los 40 días luego del trasplante, se tomó la medida a todas las plantas de cada tratamiento, utilizando para el efecto un calibrador pie de rey, y se midió colocando el calibrador a dos centímetros de la base del tallo, obteniendo así la lectura en centímetros.

### **3.3.1.6.3. Días a la Floración.**

Se contabilizó desde el día que las plantas de tomate fueron trasplantadas hasta el día de la fase denominada antesis, (aparecimiento de las primeras flores), para esta variable se realizó una observación de campo de todas las plantas hasta el día que todos los tratamientos muestren la inflorescencia.

## **3.3.2. FASE DE FRUCTIFICACION (A PARTIR DE LOS 61 DIAS).**

### **3.3.2.1. Factores en estudio.**

Los factores de estudio son los siguientes;

#### **FA: Concentración de N en la solución nutritiva.**

N1:200 ppm de nitrógeno.

N2:250 ppm de nitrógeno

N3:300 ppm de nitrógeno.

#### **FB: Concentración de K en la solución nutritiva.**

K1:250 ppm de potasio.

K2:300 ppm de potasio.

K3:350 ppm de potasio

**T0:** Testigo.

### 3.3.2.2. Tratamientos.

**Cuadro 3: Concentración en partes por millón (ppm) de NPK de los diferentes tratamientos que se evaluaron de acuerdo a la fase nutricional de la planta.**

<b>Nivel de nutrición.</b>	<b>Vegetativo (Desde 0 hasta 60 días)</b>	<b>Fructificación (Desde 61 hasta 150 días).</b>
Nutriente evaluado.	Nitrógeno.(ppm)	Potasio.(ppm)
<b>Tratamientos:</b>		
T0:	150	150
<b>T1:N1K1</b>	200	250
<b>T2:N1K2</b>	200	300
<b>T3:N1K3</b>	200	350
<b>T4:N2K1</b>	250	250
<b>T5:N2K2</b>	250	300
<b>T6:N2K3</b>	250	350
<b>T7:N3K1</b>	300	250
<b>T8:N3K2</b>	300	300
<b>T9:N3K3</b>	300	350
Nutrientes invariables	P: 50, K: 150.	N:150; P:50

El tratamiento T0 fué el testigo, que mantuvo las concentraciones de nitrógeno y potasio constantes durante todo su ciclo; cabe mencionar que la concentración de fosforo en todos los tratamientos incluyendo al testigo fue de 50 ppm.

### 3.3.2.3. Diseño experimental.

Se utilizó una distribución de Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial (AxB+1), en donde A corresponde a las concentraciones de nitrógeno y B a las concentraciones de potasio adicionalmente se tuvo un testigo absoluto. Se realizó 3 repeticiones por tratamiento dando un total de 30 unidades experimentales.

### 3.3.2.4. Características del experimento.

El canal de cultivo fué de forma rectangular, de 0,10m por lado y de 3 m de largo, cada unidad experimental constó de 6 plantas distribuidas uniformemente a lo largo del canal, (Figura 1).

### 3.3.2.5. Análisis estadístico.

**Cuadro 4: Esquema de análisis de varianza.**

<b>Fuente de variación.</b>	<b>Grados de libertad.</b>
<b>Total.</b>	<b>29</b>
<b>Tratamientos.</b>	<b>9</b>
Concentraciones de N	2
Concentraciones de K	2
Interacción N-K	4
Testigo vs Resto	1
<b>Error Experimental.</b>	<b>20</b>

Coeficiente de variación= %.

### **Tipos de pruebas.**

A las variables que mostraron diferencia significativa se les realizó las siguientes pruebas.

- Para las concentraciones de nitrógeno, la prueba de Duncan al 5%.
- Para las concentraciones de potasio, la prueba de Duncan al 5%.
- Para la interacción nitrógeno – potasio, la prueba de Duncan al 5%.
- Para testigo vs resto, la prueba de DMS al 5%.

### **3.3.2.6. Variables a evaluar.**

Para evaluar el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y rendimiento del tomate se tomó las siguientes variables.

#### **3.3.2.6.1. Altura de planta.**

Se midió a los 90 días a partir del trasplante a todas las plantas del ensayo, para lo cual, se consideró desde el cuello de la planta hasta el punto más elevado que alcanzó la misma, expresada en cm.

#### **3.3.2.6.2. Días al inicio de la Cosecha.**

Se valoró desde el día que se realizó el trasplante de las plántulas de tomate hasta cuando el 50% de las mismas muestren frutos con madurez fisiológica (cosecha), para el efecto se hizo observación de campo de cada tratamiento, registrando los datos en días.

#### **3.3.2.6.2. Rendimiento en peso de frutos de tomate en kg/planta.**

Se cuantificó la cantidad de frutos producidos por planta, utilizando una balanza digital obteniendo el peso de los frutos en gramos,

#### **3.3.2.6.3. Número de frutos de primera categoría.**

Con los datos que se tomaron de la variable de rendimiento en peso de frutos, se registró el número de frutos de primera calidad promedio de cada tratamiento.

Cuadro 5: Clasificación de frutos de tomate según su peso.

<b>Categoría</b>	<b>Peso en gramos</b>
<b>Primera.</b>	<b>&gt;120</b>
<b>Segunda.</b>	<b>&gt;70 y &lt;120</b>
<b>Tercera.</b>	<b>&gt;50 y &lt;70</b>
<b>Cuarta.</b>	<b>&lt;49</b>

Fuente: Green Agro. Clasificación de tomate 2003

### 3.3.2.7. Análisis económico.

El análisis económico se realizó por medio del cálculo de rentabilidad de los tratamientos, mediante el siguiente procedimiento.

$$R = \frac{IN}{CT}, \quad \text{Donde: } R = \text{rentabilidad; } IN = \text{Ingreso bruto - costo total;}$$

$$CT = \text{Costos fijos} + \text{costos variables.}$$

La relación beneficio / costo, se calculó de la siguiente forma.

$$\text{Rel. B/C} = \frac{IB}{CT}. \quad \text{Donde: } IB = \text{ingresos brutos; } CT = \text{costos totales.}$$

## **4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.**

### **4.1. Instalación de canales de cultivo y sistema de distribución de la solución nutritiva.**

El sistema de distribución de la solución nutritiva consta de, 10 tanques plásticos de 200 litros ubicados a una altura de 1m en referencia a los tratamientos, con la finalidad de generar presión para que funcionen las cintas de goteo.

Para el sistema de riego se utilizó manguera de ½ pulgada como tubería principal, manguera de ¾ pulgada como tubería secundaria y laterales de ½ pulgada con goteros cada 0,30m.

Canales recolectores de SN cuya función es recolectar la SN de los diferentes tratamientos y llevar la misma hasta los tanques recolectores.

Los tanques de recolección construidos en el suelo y recubiertos con fibra de polietileno se ubicaron a 0,30m bajo el nivel de los tratamientos, con la finalidad de generar desnivel que nos ayude a mantener una velocidad adecuada de la SN y de esta manera incrementar los niveles de oxígeno de la misma.

### **4.2. Labores del cultivo.**

**4.2.1. Germinación.-** Esta etapa se realizó en bandejas de germinación previamente desinfectadas con una solución de cloro al 1%, luego se depositó la pomina humedecida y desinfectada para posteriormente depositar la semilla. Los cinco primeros días las bandejas permanecieron cubiertas con la finalidad de evitar el paso directo de la luz y mantener una temperatura adecuada, dos factores que son muy importantes en esta etapa; caso contrario el poder de germinación de la planta disminuye notablemente.

El riego de agua se realizó cada dos días tratando de mantener al sustrato en capacidad de campo.

**4.2.2. Trasplante.**-Transcurrido los 35 días de la germinación se realizó el trasplante a los canales de cultivo, previo el trasplante, se inició la circulación de la solución nutritiva por todos los canales de cultivo, utilizando para los cinco primeros días únicamente agua, esto con la finalidad de disminuir el estrés de la planta al momento del trasplante y adaptación.

**4.2.3. Tutorado.**- Cuando las plantas alcanzaron una altura de 30cm se colocó cinta de tutorado de 1,5m de altura sujeta a un alambre, cada 15 días se guiaba la planta en el tutor para que su crecimiento sea erecto.

**4.2.4. Poda de formación.**- Para esto se realizó la eliminación de brotes laterales a partir de los 20 días del trasplante, dejando crecer únicamente el eje principal de la planta, utilizando para el efecto una navaja de podar la misma que se desinfectó cada cambio de planta utilizando una solución sulfato de cobre pentahidratado + cal agrícola.

**4.2.5. Poda de frutos.**- Con la finalidad de obtener frutos más uniformes se realizó un raleo dejando únicamente 3 frutos por racimo, esta poda se la hizo cuando los frutos estaban cuajados.

**4.2.6. Despunte.**- Para evitar el consumo de nutrientes se eliminó el ápice de la planta cuando tenían 6 racimos cuajados, esto con la finalidad de evitar el crecimiento y aumentar el engrose de los frutos cuajados.

### 4.3. MANEJO TECNICO.

Se tomó en cuenta dos parámetros indispensables para el buen funcionamiento del sistema hidropónico y crecimiento de las plantas.

#### 4.3.1. pH.

a) **Importancia.**- El pH de la SN se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido de ellos en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe; además, con un alto pH en la SN, el Ca y el Mg pueden precipitar con el HPO<sub>4</sub> (De Rijck, 1998).

El pH del agua de riego generalmente fluctúa entre 7.0 y 8.5. Antes de preparar la SN, el pH del agua debe de estar a 5.5; después de hacerlo, se mide nuevamente y se hacen los ajustes necesarios, hasta que quede en 5.0; en caso de que sea mayor a 5.5, nuevamente se añade un ácido fuerte.

b) **Metodología utilizada.**- Para controlar el pH, se utilizó un potenciómetro manual, se realizó lecturas del pH cada 24 horas al iniciar el día antes de iniciar la circulación, con la finalidad de realizar la corrección respectiva si fuese el caso, de esta manera evitamos cambios en la solución y pérdidas de nutrientes por precipitación.

Para modificar el pH en la SN, se utilizó un corrector agrícola a base de ácido orgánico, utilizado de acuerdo a la lectura hasta 4 cm<sup>3</sup> por litro de SN.

#### 4.3.2. Temperatura.

a) **Importancia.**- La temperatura de la SN influye en la absorción de agua y nutrientes, la temperatura óptima para la mayoría de las variedades de tomate es de aproximadamente 22 °C, en la medida que la temperatura disminuye también disminuye la absorción y asimilación de los nutrientes.

**b) Metodología utilizada.-** Para controlar la temperatura, se utilizó un termómetro agrícola, se realizó la lectura en grados centígrados cada 6 horas, con la finalidad de evitar cambios bruscos en la solución y disminución de la absorción de nutriente.

Cuando la temperatura de la SN aumenta más de 22°C, se incrementa el caudal de la SN en un 30%, resultando una circulación más rápida y por consiguiente menor temperatura manteniendo de esta manera los niveles adecuados.

A mas de ello para ayudar a mantener una temperatura constante, se colocó sarán a una altura de 2.5m de tal manera que todo el cultivo este cubierto, evitando el paso directo de los rayos solares; también se cubrió los canales de cultivo con trozos de tela (guaípe), que evita el calentamiento del plástico que recubre los canales e influye directamente en la temperatura de la SN.

## CAPÍTULO IV

### 5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron:

#### 5.1. ALTURA DE LA PLANTA DE TOMATE A LOS TREINTA Y SESENTA DÍAS DEL TRASPLANTE.

**Cuadro 6: Resultados obtenidos.**

Tratamientos	$\bar{X}$ (cm) a los 30 días	$\bar{X}$ (cm) a los 60 días
N0	23,0	63,0
N1	23,4	63,2
N2	24,4	64,6
N3	25,3	64,8

**Cuadro 7: Análisis de varianza.**

FV	GL	CM. 30 días.	CM. 60 días.	F. Tab.	
				5%	1%
<b>Total.</b>	29				
<b>C. Nitrógeno</b>	3	7,14**	5,51**	3,01	4,73
<b>Error.Exp.</b>	26	0,56	0,74		
		CV= 3,1%. $\bar{X}$ = 24,2cm	CV= 1,4%. $\bar{X}$ =63,8cm		

\*\*= significativo al 1%.

El análisis de varianza para la altura de la planta a los treinta días (cuadro 7), detecta efecto significativo al 1% entre concentraciones de nitrógeno, lo que indica que las diferentes concentraciones de nitrógeno influyen en la altura de la planta.

**El coeficiente de variación fue 3,1% con un promedio general de 24,2 cm.**

**Cuadro 8: Prueba de Duncan para tratamientos.**

Tratamientos	Promedios (cm)	Rangos de significancia
N3	25,3	A
N2	24,4	B
N1	23,4	C
N0	23,0	C

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 8), detectó la presencia de tres rangos, el primer rango ubica la concentración de 300 ppm, con un promedio de 25,3 cm, esto se debe a la influencia que tiene este elemento, que entre una de sus funciones es incrementar el crecimiento de la planta.

Coincidiendo con lo manifestado por Bertsch (1995), quien sostiene que el desarrollo vegetativo será mayor a medida que los aportes de nitrógeno aumentan, debido a que este elemento es el principal componente de toda molécula orgánica involucrada en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetativo.

En el análisis de varianza para altura de la planta a los sesenta días (cuadro 7), se observa efecto significativo al 1% entre concentraciones de nitrógeno, lo que quiere decir, que incrementara este elemento en la fase vegetativa influyen en la altura de la planta.

**El coeficiente de variación fue 1,4 % y una media general 64,0 cm.**

**Cuadro 9: Prueba de Duncan para tratamientos.**

Tratamientos	Promedios (cm)	Rangos de significancia
N3	64,8	A
N2	64,6	A
N1	63,2	B
N0	63,0	B

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 9), presenta dos rangos, en el primer rango ubica las concentraciones de 300 ppm y 250 ppm de nitrógeno, que tienen mayor altura, se observa que el incremento de este elemento en solución nutritiva produjo un aumento en la altura, los resultados concuerdan parcialmente con Marulanda (2003), quien registra alturas de plantas de variedades indeterminadas cultivadas bajo invernadero comprendidas entre 62,5 cm y 67,3 cm, a los 55 días del ciclo del cultivo.

### **5.3. ALTURA DE LA PLANTA DE TOMATE A LOS NOVENTA DÍAS DEL TRASPLANTE.**

**Cuadro 10: Resultados obtenidos.**

Tratamientos	$\bar{X}$ (cm)
T0	135,0
T1	135,3
T2	135,0
T3	135,0
T4	135,6
T5	136,0
T6	137,0
T7	140,0
T8	137,3
T9	137,0

**Cuadro 11: Interacción Nitrógeno-Potasio.**

Nitrógeno	Promedio (cm)	Potasio	Promedio (cm)
N1	135,1	K1	137,0
N2	136,2	K2	136,1
N3	138,1	K3	136,3

**Cuadro 12: Análisis de varianza.**

FV	GL	SC	CM	FC	F.Tab	
					5%	1%
<b>Total</b>	29					
<b>Tratamientos</b>	9	66,67	7,33	2,35 <sup>ns</sup>	2,39	3,46
C. Nitrógeno.	2	41,41	20,70	6,68 <sup>**</sup>	3,49	5,85
C. Potasio.	2	3,85	1,93	0,62 <sup>ns</sup>	3,49	5,85
I. NxK	4	15,48	3,87	1,25 <sup>ns</sup>	2,81	4,43
Test vs Rest.	1	5,93	5,93	1,91 <sup>ns</sup>	4,35	8,10
<b>Error.Exp.</b>	20	62,00	3,10			

<sup>ns</sup>= no significativo.

<sup>\*\*</sup>= significativo al 1%.

**CV= 1,3%.**

$\bar{x} = 136,3\text{cm.}$

En el análisis de varianza(cuadro 12), se observa efecto significativo al 1% para las concentraciones de nitrógeno; se nota la repercusión que tiene el haber aplicado diferentes concentraciones de este elemento en la fase vegetativa; mientras que para tratamientos, concentraciones de potasio, interacción N-K y T0 vs resto no se observa diferencia significativa.

**El coeficiente de variación fue 1,3%, con un promedio general de 136,3 cm.**

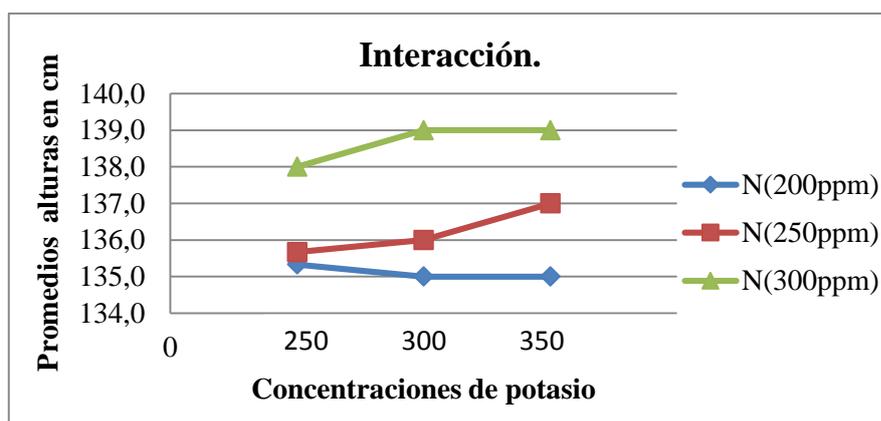
**Cuadro 13. Prueba de Duncan.**

Concentraciones de nitrógeno	Promedios (cm)	Rangos de significancia
N3	138,1	A
N2	136,2	B
N1	135,1	B

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 13), detecta dos rangos, el primer rango corresponde a la concentración de 300 ppm, con una media de 138,1 cm, que presentó mayor crecimiento esto muestra nuevamente la influencia positiva que tiene este elemento en la fase vegetativa, que a pesar que en esta etapa de cultivo la concentración es igual para todos los tratamientos su efecto sobre la altura sigue siendo positivo.

Los resultados coinciden en parte con lo manifestado por Luna (2004), quien mantiene que en la etapa de nutrición vegetativa la concentración de nitrógeno en solución nutritiva debe estar en el rango de 250 y 300 ppm.

**Grafico 1: Efecto de la interacción nitrógeno-potasio.**



El grafico 1, indica que los tratamientos con 300 ppm de nitrógeno en la fase vegetativa, tienen los promedios de altura más altos para las tres concentraciones de potasio, se observa además, una tendencia de aumento de altura a medida que los niveles de potasio incrementa. Los resultados muestran la importancia de modificar las concentraciones de nitrógeno en la fase vegetativa y las concentraciones de potasio en fase de fructificación, favoreciendo a un óptimo crecimiento.

#### 5.4. DIÁMETRO DE LA BASE DEL TALLO Y DÍAS A LA FLORACIÓN.

**Cuadro 14: Resultados obtenidos.**

Tratamientos	Promedio (cm) diámetro de la base del tallo	Promedio(Días ) días a la floración
N0	1,0	54,3
N1	1,1	54,3
N2	1,3	60,6
N3	1,3	61,8

**Cuadro 15: Análisis de varianza.**

FV	GL	CM.		F. Tab	
		Diámetro del Tallo	Días a la floración	5%	1%
<b>Total.</b>	29				
<b>C. Nitrógeno.</b>	3	0,14**	114,31**	3,01	4,73
<b>Error.Exp.</b>	26	0,01	3,71		
		CV= 8,1%. $\bar{x}$ = 1,1cm.	CV= 3,3% X=58,4días.		

\*\*= significativo al 1%.

El análisis de varianza para diámetro del tallo (cuadro15), muestra efecto significativo al 1%, entre concentraciones de nitrógeno, lo que indica que existe influencia de este elemento sobre el diámetro del tallo.

**El coeficiente de variación fue 8,11 % con un promedio general 1,2 cm.**

**Cuadro 16: Prueba de Duncan para tratamientos.**

Tratamientos	Promedios (cm)	Rangos de significancia.
N2	1,3	A
N3	1,3	A
N1	1,1	B
N0	1.0	B

En la prueba de Duncan al 5% (cuadro 16), se observa dos rangos, en el primer rango se encuentran las concentraciones de 250 ppm y 300 ppm, con un promedio de 1,3 cm; Estos resultados indican la importancia de mantener este elemento disponible en la solución, favoreciendo al crecimiento más vigoroso de la planta y por consiguiente incrementando el diámetro del tallo. Los resultados coinciden con estudios realizados en la UNALM (2002), en donde se encontró que la solución nutritiva en el cultivo de tomate debe ser modificada de acuerdo al estado de crecimiento y desarrollo de la planta, aumentando las concentraciones de nitrógeno en los primeros 60 días, el fósforo a partir de los 45 días y potasio desde los 65 días hasta el final de la cosecha.

El análisis de varianza para días a la floración (cuadro 15), detectó efecto significativo al 1%, entre concentraciones de nitrógeno lo que indica, que el periodo de floración para cada uno de los tratamientos fue diferente.

**El coeficiente de variación fue 3,1 % y la media general 58,4 cm.**

**Cuadro 17: Prueba de Duncan para tratamientos.**

Tratamientos	Promedio (días)	Rangos de significancia.
N3	61,8	A
N2	60,6	A
N0	54,3	B
N1	54,3	B

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 17), detectó dos rangos, el segundo rango ubica las concentraciones de nitrógeno con 150 ppm y 200 ppm, con un promedio de 54 días, que mostraron precocidad para su primera floración.

Esto se debe básicamente al bajo contenido de este elemento en la solución nutritiva que acorta el desarrollo fenológico de la planta, coincidiendo con Bertsch (1995), quien menciona que entre los efectos que causa aplicar dosis altas de N en el cultivo son desarrollo del follaje, retraso en la floración e incremento en los días a la cosecha. Por otra parte Folquer (1998), señala que desde el trasplante de la planta se precisa de un periodo de 57 a 67 días, para que los primeros botones florales aparezcan, periodos de floración inferiores pueden considerarse como precoces, como en el caso de las concentraciones del segundo rango.

## 5.6. DÍAS A LA COSECHA.

**Cuadro 18: Resultados obtenidos.**

	Media (días)
Tratamientos	
T0	90,0
T1	90,3
T2	91,0
T3	93,0
T4	93,6
T5	94,3
T6	95,0
T7	104,6
T8	103,6
T9	106,0

**Cuadro 19: Interacción Nitrógeno-Potasio.**

Nitrógeno	Promedio (días )	Potasio	Promedio (días)
N1	91,4	K1	96,2
N2	94,3	K2	96,3
N3	104,8	K3	98,0

**Cuadro 20: Análisis de varianza.**

FV	GL	SC	CM	FC	F.tab	
					5%	1%
<b>Total.</b>	29					
<b>Tratamientos</b>	9	1034,83	114,98	98,56**	2,39	3,46
C. Nitrógeno.	2	885,63	442,81	379,56**	3,49	5,85
C.Potasio.	2	17,85	8,93	7,65**	3,49	5,85
I.NxK	4	4,59	1,15	0,98 <sup>ns</sup>	2,81	4,43
Test vs Rest.	1	126,76	126,76	108,65**	4,35	8,10
<b>Error.Exp.</b>	20	23,33	1,17			

<sup>ns</sup>= no significativo.

\*\*= significativo al 1%.

**CV= 1,1%.**

$\bar{x}$  = 96,2 días.

En el análisis de varianza (cuadro 20), se observa efectos significativos al 1%, entre tratamientos, concentración de nitrógeno, potasio y T0 vs resto; en cambio no existe significancia para la interacción nitrógeno-potasio.

**El coeficiente de variación fue 1,1%, con una media general de 96,2 cm.**

**Cuadro 21: Prueba de Duncan para tratamientos.**

<b>Tratamientos.</b>	<b>Promedios (Días)</b>	<b>Rangos de significancia.</b>
<b>T9</b>	106,0	A
<b>T7</b>	104,7	A B
<b>T8</b>	103,7	B
<b>T6</b>	95,0	C
<b>T5</b>	94,3	C D
<b>T4</b>	93,6	C D
<b>T3</b>	93,0	D
<b>T2</b>	91,0	E
<b>T1</b>	90,3	E
<b>T0</b>	90,0	E

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 21), muestra cinco rangos, en el quinto rango se ubica los tratamientos con la concentración baja de nitrógeno que presentaron menor tiempo para alcanzar madurez de sus frutos.

**Cuadro 22: Prueba de Duncan.**

<b>Concentraciones de nitrógeno</b>	<b>Promedios (cm)</b>	<b>Rangos de significancia.</b>
<b>N3</b>	104,8	A
<b>N2</b>	94,3	B
<b>N1</b>	91,4	C

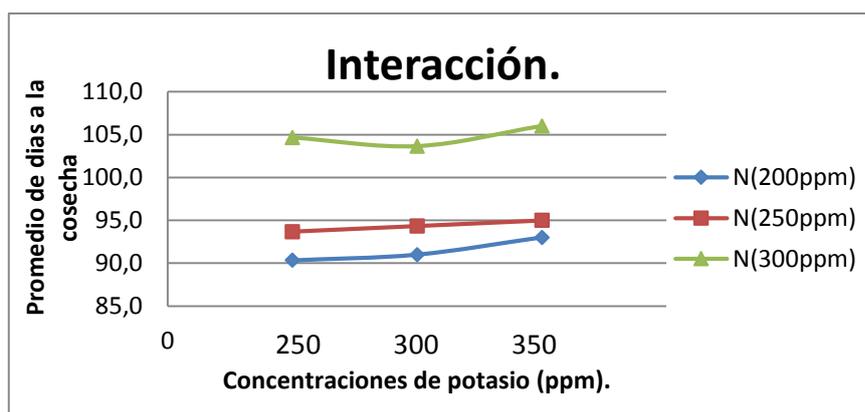
La prueba de Duncan al 5% del (cuadro 22), indica tres rangos, el tercer rango ubica a la concentración de 200 ppm, con un promedio de 91,4 días, que muestra precocidad a la cosecha, claramente se nota el efecto que desencadena el haber aplicado diferentes concentraciones de este nutriente en la fase vegetativa, tanto en altura de la planta, días a la floración y cosecha.

**Cuadro 23:** Prueba de Duncan.

Concentraciones de potasio.	Promedios (días)	Rangos de significancia.
K3	98,0	A
K2	96,2	B
K1	96,3	B

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 23), detecta la presencia de dos rangos, el segundo rango ubica a las concentraciones de 250 y 300 ppm, que presentaron precocidad, esto se debe básicamente a la baja concentración de este nutriente que provoco frutos de menores tamaños y por consiguiente más precoces.

**Grafico 2:** Efecto de la interacción nitrógeno potasio.



El grafico 2, indica que los tratamientos con 200 ppm de nitrógeno en la fase vegetativa muestran precocidad a la cosecha con las tres concentraciones de potasio, la precocidad influye negativamente en aspectos de calidad como tamaño, color y dureza. En referencia la FAO (2005), informa dentro de sus especificaciones técnicas para el híbrido Titán, un periodo para la cosecha de 100 a 105 días como normal, con lo cual se asegura la calidad del producto final, promedios inferiores a los mencionados influyen negativamente en la calidad.

En la prueba de DMS al 5% para T0 vs Tratamientos, se observa que los tratamiento T2 y T1 muestran un comportamiento no significativo con el testigo, mientras que para el T3 y resto de tratamientos se detectó significancia.

### 5.7. RENDIMIENTO DE TOMATE EN KG/PLANTA, DE CADA TRATAMIENTO.

**Cuadro 24: Resultados obtenidos.**

Tratamientos	Media (kg/planta)
T0	3,4
T1	3,5
T2	3,6
T3	3,7
T4	3,9
T5	4,0
T6	4,7
T7	4,8
T8	4,5
T9	4,5

**Cuadro 25: Interacción Nitrógeno-Potasio.**

Nitrógeno	Promedio (kg/planta)	Potasio	Promedio (kg/planta)
N1	3,6	K1	4,1
N2	4,2	K2	4,0
N3	4,6	K3	4,3

**Cuadro 26: Análisis de varianza.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F.tab 5%</b>	<b>1%</b>
<b>Total</b>	29	8,23				
<b>Tratamientos</b>	9	7,25	0,81	16,46**	2,39	3,46
C.Nitrogeno.	2	4,78	2,39	48,83**	3,49	5,85
C. Potasio.	2	0,30	0,15	3,04 <sup>ns</sup>	3,49	5,85
I.NxK	4	0,87	0,22	2,32 <sup>ns</sup>	2,81	4,43
Test vs Rest	1	1,31	1,31	26,68**	4,35	8,10
<b>Error. Exp.</b>	20	0,98	0,05			

<sup>ns</sup>= no significativo.

\*\*= significativo al 1%.

**CV= 5,4%.**

**X= 4,1 kg/planta**

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 26), detectó efecto significativo al 1% para tratamientos, concentraciones de nitrógeno y T0 vs resto. No se encontró diferencia significativa para las concentraciones de potasio e interacción N-K.

**El coeficiente de variación fue 5,4% y la media general 4,1 kg/planta.**

**Cuadro 27: Prueba de Duncan para tratamientos.**

<b>Tratamientos.</b>	<b>Promedios (kg/planta)</b>	<b>Rangos de significancia.</b>
T7	4,81	A
T6	4,71	A
T8	4,59	A
T9	4,54	A
T5	4,05	B
T4	3,97	B C
T3	3,72	B C D
T2	3,63	C D
T1	3,52	D
T0	3,47	D

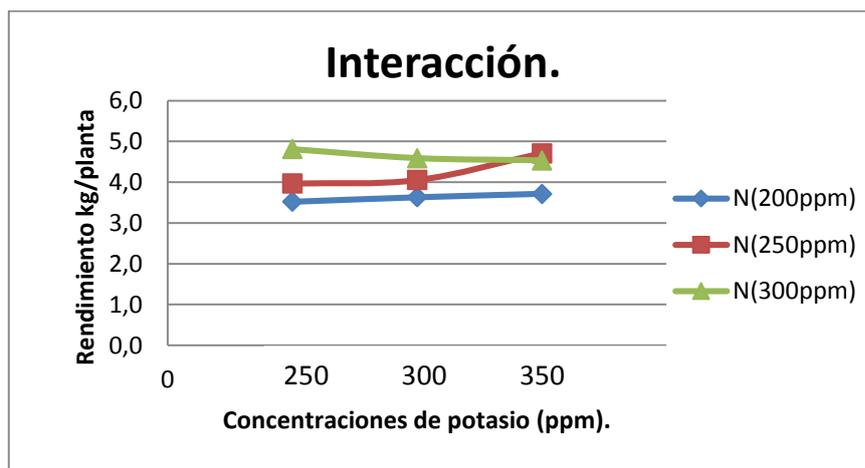
La prueba de Duncan al 5% (cuadro 27), muestra cuatro rangos, el primer rango ubica los tratamientos que tienen la concentración alta de nitrógeno y que presentaron mayores rendimientos.

**Cuadro 28. Prueba de Duncan.**

Concentraciones de nitrógeno	Promedio (kg/planta)	Rangos de significancia
N3	4,6	A
N2	4,2	B
N1	3,6	C

Los resultados de la prueba de Duncan al 5% (cuadro 28), indican tres rangos, el primer rango ubica la concentración de 300 ppm, con un promedio de 4,6 kg, que quiere decir, que haber aplicado altas concentraciones de este elemento en la fase vegetativa provocó que las plantas tuvieran un rápido crecimiento vegetativo, que conlleva a una mayor área foliar y mayor área fotosintética, aumentando el vigor de la planta y su rendimiento.

**Grafico 3: Efecto de interacción nitrógeno-potasio.**



El gráfico 3, indica que el tratamiento con 300 ppm de nitrógeno y 250 ppm de potasio obtuvo mayor rendimiento, pero para la misma concentración de nitrógeno se observa que incrementar potasio en la solución no es recomendable debido a su efecto negativo en el rendimiento, demuestra que, aunque el efecto de los nutrientes por separado sea diferente, la interacción entre ellos es fundamental para obtener un mayor rendimiento. Rodríguez (2001), afirma que ambos nutrientes son esenciales en los cultivos donde el producto económico final es el fruto; lo cual se puede ver en el (cuadro 20), en donde los tratamientos que produjeron los mayores rendimientos son los que tuvieron 200 ppm de nitrógeno en el nivel vegetativo y 250 ppm de potasio en nivel de nutrición fructificación

En la prueba DMS al 5% se observó que, no existe significancia para los tratamientos T1, T2 y T3 en relación al testigo, mientras a partir del T4 se detectó significancia.

## 5.8. NÚMERO DE FRUTOS DE PRIMERA CATEGORÍA.

**Cuadro 29: Resultados obtenidos.**

Tratamientos	Media (frutos)
T0	13,6
T1	14,6
T2	14,6
T3	14,6
T4	14,3
T5	16,3
T6	18,6
T7	19,3
T8	18,0
T9	17,6

**Cuadro 30: Interacción Nitrógeno-Potasio**

Nitrógeno	Promedio(frutos/planta)	Potasio	Promedio(frutos/planta)
N1	14,67	K1	16,11
N2	16,44	K2	16,33
N3	18,33	K3	17,00

**Cuadro 31: Análisis de varianza.**

FV	GL	SC	CM	FC	F.tab 5%1%	
<b>Total.</b>	29	122,80				
<b>Tratamientos</b>	9	114,80	12,76	31,89**	2,39	3,46
C. Nitrógeno.	2	60,52	30,26	75,65**	3,49	5,85
C.Potasio.	2	3,85	1,93	4,81*	3,49	5,85
I.NxK	4	29,04	7,26	18,15**	2,81	4,43
Test vs Rest	1	21,39	21,39	53,48**	4,35	8,10
<b>Error.Exp.</b>	20	8,00	0,40			

\*= significativo al 5%..

\*\*= significativo al 1%.

**CV= 3,9%.**

**X= 16,2 frutos**

En el análisis de varianza (cuadro 31), se observa significancia al 1% para tratamientos, concentraciones de nitrógeno, interacción N-K y T0 vs resto, mientras para las concentraciones de potasio se observó significancia al 5%.

**El coeficiente de variación fue 3,9% y la media general 16 frutos/planta.**

**Cuadro 32: Prueba de Duncan para tratamientos.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios (frutos/planta)</b>	<b>Rangos de significancia.</b>
<b>T7</b>	19,3	A
<b>T6</b>	18,6	A B
<b>T8</b>	18,0	B
<b>T9</b>	17,6	B
<b>T5</b>	16,3	C
<b>T2</b>	14,6	D
<b>T1</b>	14,6	D
<b>T3</b>	14,6	D
<b>T4</b>	14,3	D
<b>T0</b>	13,6	D

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 32), detecta la presencia cuatro rangos, el primer rango ubica los tratamientos T7 y T6, con un promedio de 19 y 18 frutos, que tienen 300 ppm y 250 ppm de nitrógeno, 250 ppm y 350 ppm de potasio para T7 y T6 respectivamente, esto quiere decir que aumentar las concentraciones de nitrógeno y potasio durante la fase vegetativa y fructificación favorece la formación de frutos de primera calidad.

**Cuadro 33: Prueba de Duncan.**

<b>Concentraciones de nitrógeno</b>	<b>Promedios (frutos/planta)</b>	<b>Rangos de significancia.</b>
<b>N3</b>	18,3	A
<b>N2</b>	16,4	B
<b>N1</b>	14,6	C

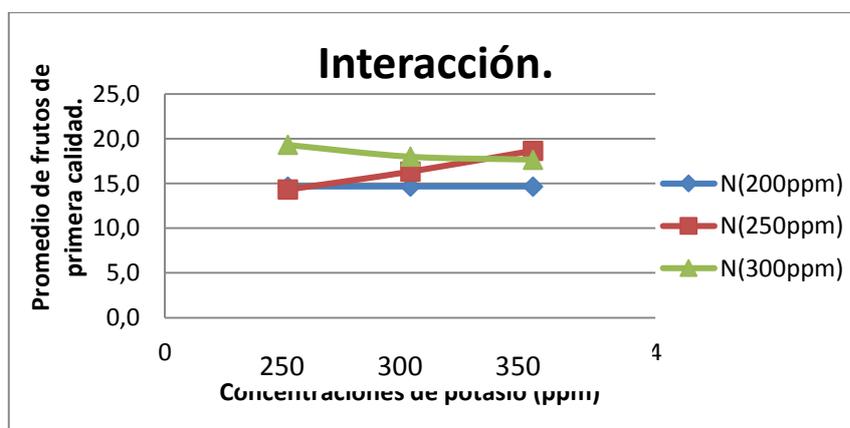
La prueba de Duncan al 5% del (cuadro 33), indica tres rangos, en el primer se ubican la concentración de 300 ppm, con una media de 18,3 frutos/planta, muestra que la influencia del nitrógeno es fundamental no solo para obtener plantas grandes y rendimientos altos si no también en la calidad, expresada en frutos más uniformes y grandes.

**Cuadro 34: Prueba de Duncan.**

Concentraciones de potasio	Promedios (frutos/planta)	Rangos de significancia.
<b>K3</b>	17,0	A
<b>K2</b>	16,3	B
<b>K1</b>	16,1	B

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 34), indica dos rangos, en el primer rango se ubica la concentración de 350 ppm, con un promedio de 17 frutos de tomate, estos resultados refuerzan lo mencionado para las variables anteriores, de altura, días a la fructificación y rendimiento, en los cuales se observó la importancia de modificar la concentración de los dos nutrientes y no mantener soluciones estáticas para todo el ciclo de cultivo.

**Grafico 4: Efecto de la interaccion nitrógeno - potasio.**



El grafico 4, indica que el tratamiento con 300 ppm de nitrógeno y 250 ppm de potasio obtuvo mayor número de frutos, pero para la misma concentración de nitrógeno se observa que incrementar potasio en la solución no es recomendable debido a su efecto negativo para esta variable.

En la prueba de DMS al 5% para T0 vs Tratamientos, se observa que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 muestran un comportamiento no significativo con el testigo, mientras para T5 y resto de tratamientos se detectó significancia.

### 5.9. ANÁLISIS ECONÓMICO.

En el siguiente cuadro se observa la rentabilidad y la relación beneficio/costo de cada tratamiento, si la relación B/C es mayor a 1, el tratamiento se considera factible, esto indica que los ingresos que generan sus operaciones alcanzan a cubrir los costos de producción.

**Cuadro 33. Análisis de costos de la investigación en dólares americanos.**

RUBROS	TRATAMIENTOS									
	T 0	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9
<b>Costos Directos.</b>										
Lab. Precult.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Lab. de cultivo	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Insumos	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Fertilizantes	5,6	5,9	6,2	6,5	7,1	7,7	8,4	9,2	10,0	10,9
<b>Subtotal.</b>	33,1	33,4	33,7	34,0	34,6	35,2	35,9	36,7	37,5	38,4
Cost. Indirectos	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Costos totales.	67,1	67,4	67,7	68,0	68,6	69,2	69,9	70,7	71,5	72,4
<b>INGRESOS</b>										
Ingreso bruto.	68,7	69,7	71,9	73,7	78,6	80,2	93,3	95,2	90,9	89,9
Ingreso neto	1,61	2,3	4,2	5,7	10,0	11,0	23,4	24,6	19,4	17,5
<b>Rentabilidad.</b>	0,02	0,03	0,06	0,08	0,15	0,16	0,33	0,35	0,27	0,24
<b>Relac. B/C</b>	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2

Desde el punto de vista económico los resultados obtenidos (cuadro 33), muestran que los tratamientos 7 y 6 son los más factibles con relación a los demás tratamientos, ya que presentaron la mayor rentabilidad y relación beneficio costo.

Analizando la rentabilidad del tratamiento T7 que es de 0,35%, esto quiere decir que por cada dólares invertidos se obtiene 0,35 dólares de ganancia, de la misma manera la relación B/C del tratamiento 7 que es 1,3 nos indica que por cada dólar invertido se recupera 1,3 dólares, mostrándose nuevamente la importancia de modificar las concentraciones de nitrógeno y potasio en la SN durante el desarrollo del cultivo.

Los resultados de la rentabilidad y la relación B/C indica que mantener las concentraciones de 300 ppm de nitrógeno en la fase vegetativa y 250 ppm de potasio en la fase de fructificación en la SN, genera ingresos más altos para cubrir costos y gastos de una forma eficiente.

## **CAPÍTULO V**

### **6. CONCLUSIONES.**

- En el nivel de nutrición vegetativa la concentración de nitrógeno debe estar en el rango de 250 y 300 ppm, las cuales favorecen a un mayor crecimiento, vigor y rendimiento del cultivo.
  
- Los resultados de altura de planta, diámetro de tallo y días a la floración mostraron la importancia de modificar la concentración de nitrógeno en la fase vegetativa, observando los mejores resultados para las tres variables con la concentración de 300 ppm.
  
- En el nivel de nutrición de fructificación la concentración de potasio debe estar en el rango de 300 y 350 ppm.
  
- Manteniendo las concentraciones de 300 ppm de nitrógeno en la fase vegetativa y 250 ppm de potasio en la fase de fructificación en la solución nutritiva, favorece el incremento de rendimiento y frutos de primera categoría, esto se debe a la influencia e importancia que tiene cada nutriente en su respectiva fase de cultivo.

- Las concentraciones en ppm de nitrógeno y potasio más rentables para la producción del cultivo de tomate bajo sistema de hidroponía cerrada son de 300 en el nivel vegetativo y 250 en el nivel de fructificación respectivamente.
  
- El uso de soluciones nutritivas dinámicas en cultivo de tomate, tiene un efecto positivo sobre altura de planta, vigor de tallo, rendimiento y calidad tal como se observa en los resultados obtenidos en la presente investigación.

## **7. RECOMENDACIONES.**

- Mantener las concentraciones de nitrógeno entre 250 y 300 ppm en la solución nutritiva durante los primeros 60 días después del trasplante.
- Incrementar la concentración de potasio entre 250 y 300 ppm en la solución nutritiva a partir de los 61 días luego del trasplante.
- Realizar un manejo agronómico que permita alargar el ciclo de producción en por lo menos dos meses más y medir los rendimientos.
- Reducir el ancho del canal de cultivo para lograr que las raíces de la plantas formen un colchón radicular mas rápido, favoreciendo de esta manera a la retención de nutrientes en el mismo.
- Continuar con otras investigaciones modificando otros elementos como el fosforo, calcio, para mejorar la respuesta del cultivo bajo sistema hidropónico cerrado.

## 8. RESUMEN

La investigación RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* MILL, HIBRIDO TITAN BAJO EL SISTEMA DE HIDROPONIA CERRADA CON TRES CONCENTRACIONES DE NITROGENO Y POTASIO EN SOLUCION NUTRITIVA, se realizó en el cantón Antonio Ante, parroquia Chaltura con una altitud de 2350 msnm y 19,4 grados centígrados.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar en la primera fase vegetativa hasta los 60 días y Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial (AxB+1) para la segunda fase de fructificación a partir de los 61 días.

VARIABLES QUE SE EVALUÓ EN LA INVESTIGACIÓN FUERON LAS SIGUIENTES: altura de planta a los treinta días, el mejor tratamiento es la concentración de 300 ppm con un promedio de 25,3 cm esto se debe a la influencia que tiene este elemento. Sesenta días presenta dos rangos en el primer rango ubica las concentraciones de 300 ppm y 250 ppm de nitrógeno. Noventa días la mejor concentración es de 300 ppm con una media de 138,1 cm. Diámetro de la base del tallo la mejor concentraciones es 250 ppm con un promedio de 1,3 cm estos resultados indican la importancia del nitrógeno de mantener disponible en la solución. Días a la floración la mejor concentración de nitrógeno con 250 ppm con un promedio de 60,6 días. Días al inicio de la cosecha en el primer rango se encuentra la concentración de 300 ppm de nitrógeno con un promedio de 104,8 días y en la concentración de potasio es de 350 ppm con un promedio de 98,0 días. Rendimiento en peso de frutos de tomate en kg/planta el primer rango ubica la concentración de 300 ppm con un promedio de 4,6 kg. Número de frutos de primera categoría la mejor concentración es 300 ppm con una media de 18,3 frutos/planta muestra que la influencia del nitrógeno es fundamental no solo para obtener plantas grandes y rendimientos altos si no también en la calidad y en la concentración de potasio en el primer rango se ubica la concentración de 350 ppm, con un promedio de 17,0 frutos.

Para esta investigación se tomó en cuenta dos parámetros indispensables para el buen funcionamiento del sistema hidropónico y crecimiento de las planta como es el pH y la temperatura los cuales deben ser controladas para no tener dificultades en el desarrollo de la planta. Durante el desarrollo de la investigación se realizaron controles fitosanitarios previo al monitoreo del ensayo utilizando productos de acción preventiva y curativa. La cosecha se realizó cuando el tomate presentaba madurez fisiológica (tres cuarto pintón), lo cual fue pesado con ayuda de una balanza digital para determinar el rendimiento de tomate en Kg/planta.

Desde el punto de vista económico los resultados obtenidos del análisis económico, muestran que los tratamientos 7 y 6 son los más factibles con relación a los demás tratamientos, ya que presentaron la mayor rentabilidad y relación beneficio costo.

## 9. SUMMARY

The investigation YIELD OF THE CULTIVATION OF TOMATO *Lycopersicon esculentum* MILL, HYBRID TITAN UNDER THE SYSTEM DE CLOSED HYDROPONIC WITH THREE CONCENTRATIONS OF NITROGEN AND POTASSIUM IN NUTRITIOUS SOLUTION, was carried out in the city Antonio Ante Before belonging to the Chaltura with an altitude of 2,350 msnm and 19,4 °C.

A Design was used Totally at random Totally at random in the first vegetative phase until the 60 days and Design, with factorial arrangement (AxB+1) for the second fructification phase starting from the 61 days.

Variables that it was evaluated in the investigation were the following ones: plant height to the thirty days the best treatment is the concentration of 300 ppm with an average of 25,3 cm this is due to the influence that has this element. Sixty days it presents two ranges in the first range it locates the concentrations of 300 ppm and 250 nitrogen ppm. Ninety days the best concentration is of 300 ppm with a stocking of 138,1 cm. Diameter of the base of the shaft the best concentrations it is 250 ppm with an average of 1,3 cm these results they indicate the importance of the nitrogen of maintaining available in the solution. Days to the florwer the best nitrogen concentration with 250 ppm with an average of 60,6 days. Days to the beginning of the crop in the first range he/she meets the concentration of 300 nitrogen ppm with an average of 104,8 days and in the concentration of potassium it is of 350 ppm with an average of 98,0 days. Yield in weight of tomato fruits in kg/plant the first range locates the concentration of 300ppm with an average of 4,6 kg. Number of fruits of first category the best concentration is 300 ppm with a stocking of 18,3 fruits/plants it shows that the influence of the nitrogen is fundamental not alone to obtain big plants and high yields if not also in the quality and in the concentration of potassium in the first range the concentration of 350 ppm is located, with an average of 17,0 fruits.

For this investigation he/she took into account two indispensable parameters for the good operation of the system hydroponic and growth of the plant like it is the ph and the temperature which should be controlled for not having difficulties in the development of the plant. During the development of the investigation they were carried out controls previous illness plant to the pursuit of the rehearsal using products of preventive and healing action.

The crop was carried out when the tomato presented physiologic maturity (fourth three red), that which was weighed with the help of a digital scale to determine the tomato yield in Kg/plants. From the economic point of view the obtained results of the economic analysis, they show that the treatments 7 and 6 are the most feasible with relationship to the other treatments, since they presented the biggest profitability and relationship I benefit cost.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS, P. 1994. Nutrición de vegetales cultivados bajo invernadero en sistema hidropónico NTF. *Acta Hort.* 361: 245-257.
2. ALARCÓN, A. 2000. Preparación de la solución nutritiva. En tecnología para altos rendimientos. pp.145-154.
3. ÁVALOS, L. 2004 "Construcción de Invernadero", Perú, 2004.
4. BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su anejo. San José De Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
5. CADAHÍA, L.C. 2005. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 475p.
6. COOPER, A.J. 1978. Métodos para establecer un cultivo de tomate en lámina de nutrientes *J. Hort. Sci.* 53: 189-193. Disponible en :
7. DE RIJCK, G. y E. SCHDREVEENS. 1998b. Composición elemental de la solución nutritiva y su influencia sobre el pH. *Nutrición de plantas.* 20 (7&8): 911-923.
8. DURAN, J; MARTÍNEZ, E; NAVAS, L. 1999. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. 10p.
9. F.A.O. 2005 Manual técnico. Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Disponible en: [//ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf)
10. FAVELA, E. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Chapingo, México 2006.
11. GRAVES, C. 1983. Circulación intermitente en la técnica de la película de nutrientes. *Acta Hort.* 133: 47-52.
12. GUILL, M; REISENAUER, H 1993. Naturaleza y caracterización de los efectos del amonio sobre tomate. *Agron. J.* 85:874-879. Disponible en: [www.chapingo.mx/contenido/17/3/art221-229.pdf](http://www.chapingo.mx/contenido/17/3/art221-229.pdf).

13. LARA A. 2000. Manejo de soluciones en la producción de tomate hidropónico. Universidad Autónoma de Zacateca. Mexico. Disponible en:[www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf](http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf).
14. LUNA, G. 2004. “Evaluación de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva con sustrato en tomate de mesa, híbrido Dominique, en condición de invernadero”, Guatemala, febrero 2004.
15. **MAGAP**, “Tomate de Mesa (Riñón) TomatoLycopersicon Esculentum”, Ecuador.[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/tomate\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/tomate_mag.pdf).
16. MARSA, F.1987. “Diccionario Planeta de la lengua española”, Editorial Planeta S.A Cuarta Edición, Barcelona - España.
17. MARULANDA, C. y J. IZQUIERDO. 2003. La Huerta Hidropónica Popular: Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe 3a. Edic. Santiago, Chile. 131 pp.
18. RINCÓN, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
19. RODRÍGUEZ, A; HOYOS, M; CHANG, M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía; formulaciones y preparación. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. 99p.
20. SÁNCHEZ, C; ESCALANTE, E.1981. Hidroponía un sistema de producción. México, Universidad Autónoma Chapingo. 176 p.
21. STEINER, A. 1997. Principales nutrientes de las plantas para el sistema de recirculación continua de la solución nutritiva. Tomado del 6th congreso Internacional de cultivo de suelos.
22. SUQUILANDA, M. 2003. “Producción Orgánica de Hortalizas en Sierra Norte y Central del Ecuador “, Ecuador, 2003.
23. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2002. Boletines informativos (en línea). Perú. Consultado 15 de Feb. 2010. Disponible en:[www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin10.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin10.htm)

24. VIDAL, I. 2006. Seminario Internacional de Fertirrigación de cultivos hortícolas y frutales. Dictado en la Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador. Disponible en: [www.Irrifer.cl](http://www.Irrifer.cl).
25. WINSOR, G.W.; HURD, R.G.; Price, D. 1979. Nutrient Film Technique. Grower's bulletin 5.48 pp. Disponible en: [www.infoagro.com/abonos/docs/recirculacion\\_nutritiva3.htm](http://www.infoagro.com/abonos/docs/recirculacion_nutritiva3.htm)
26. ZAMBRANO A.2006. La hidroponía una alternativa para el cultivo de hortalizas. Revista EL AGRO (Ecu) 119: 45-46p
27. ZAMORA, M; SALAZAR, D. 2000. Efecto de dos tipos de poda en cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, híbrido Daniela, bajo condiciones de invernadero, San José Pinula Guatemala. Tesis Ing Agr. Guatemala, URL. Facultad de Ciencias Agrícolas. 34p.
28. ZUNIGA-ESTRADA, L., J. J. MARTINEZ-HERNANDEZ, 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. Agro ciencia: 38(2) 207-218.

## 11. ANEXOS.

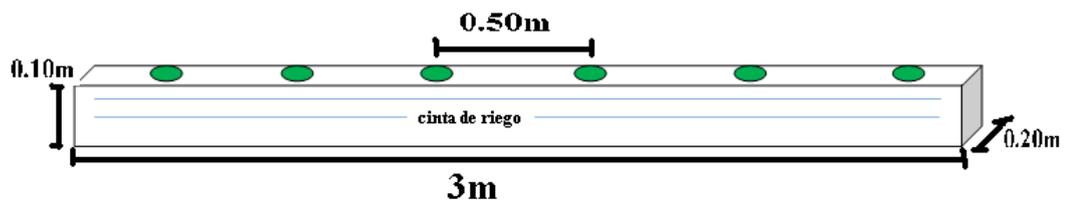


Figura 1: Descripción de la unidad experimental.

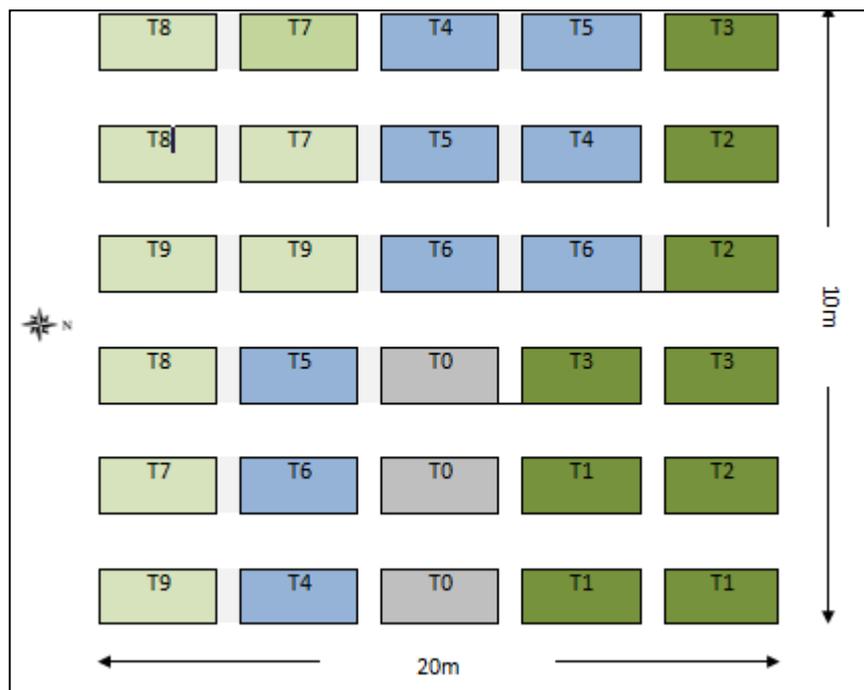
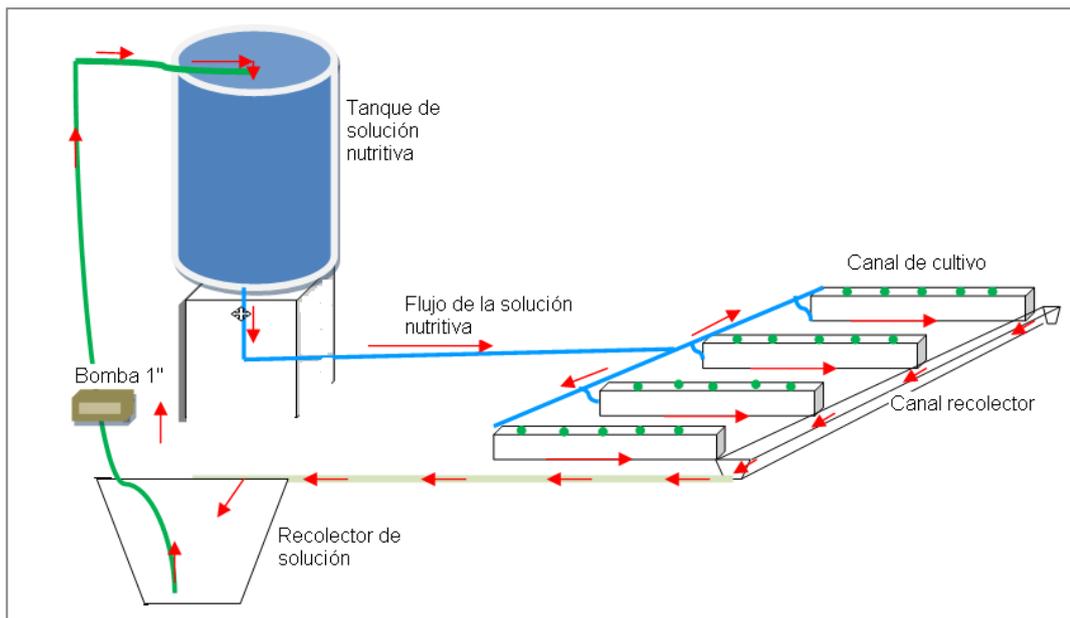


Figura 2: Croquis de campo.



**Figura 3.**Flujograma del sistema de hidroponía (NTF).



**Foto 1.** Cultivo de tomate a los treinta días.



**Foto 2.** Cultivo de tomate a los setenta días.



**Foto 3.**Cultivo de tomate en la fase de fructificación.



**Foto 4.**Racimo de tomate con tres frutos por efecto de la poda de frutos.



**Foto 5.** Frutos de tomate fisiológicamente maduros.



**Foto 6.** Cosecha de frutos de tomate.



**Foto 7.**Racimo de tomate



**Foto 8.**Sistema radicular del cultivo luego de haber terminado la producción.



**Foto 9.** Soluciones buffer para calibración de potenciómetro.



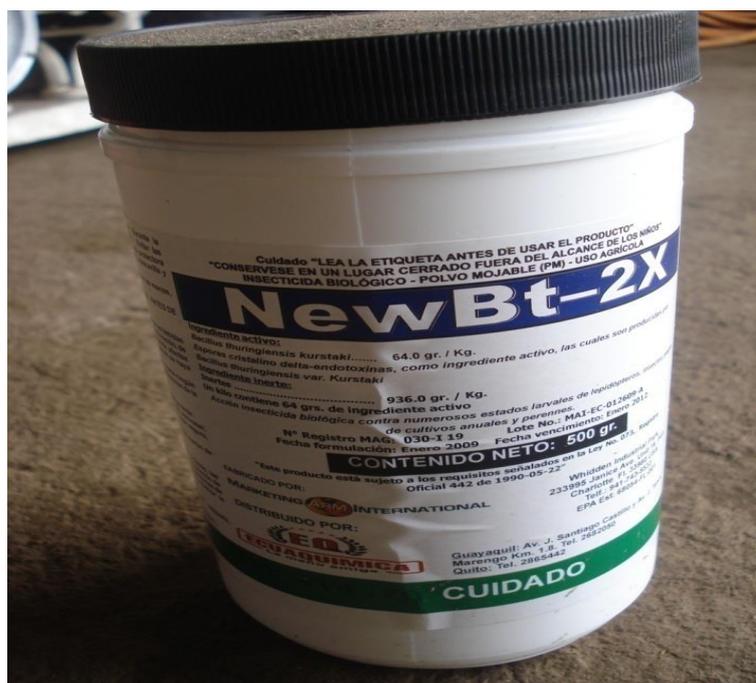
**Foto 10.** Materiales y equipo utilizado.



**Foto 11.**Toma de datos del diámetro de tallo.



**Foto 12.**Toma de datos de diámetro de frutos para su clasificación.



**Foto 13.** Insecticida biológica para el control de mosca blanca y minadores del tallo.



**Foto 14.** Toma de dato de rendimiento.

## Metodología de la preparación de las soluciones nutritivas.

**Cuadro 36.** Concentración de nutrientes en partes por millón de la solución que se tomo como base para los tratamientos.

<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
50	150	35	65	1.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.10

**Cuadro 37.** Concentración de nutrientes en partes por millón de la solución que se tomo como testigo.

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
150	50	150	150	35	65	1.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.10

**Cuadro 38.** Fertilizantes que se utilizaron en la preparación de las soluciones nutritivas, para micro elementos.

<b>Nombre</b>	<b>Nutrientes Principales</b>	<b>Cantidad/ litro de solución</b>
Quelato de hierro	5.0% Fe, 3.0% S	0.03 ml
Quelato de boro	10.0% B,	0.005 ml
Quelato de manganeso	5.0% Mn, 3.0% S	0.01 ml
Quelato de zinc	7.0% Zn, 3.0% S	0.0035 ml
Quelato de cobre	5.0% Cu, 3.0% S	0.005 ml
Quelato de molibdeno	4.0% Mo,	0.0025 ml

**Cuadro 39.** Cantidad de fertilizante que se utilizó en la preparación de las soluciones nutritivas en el nivel de nutrición vegetativo.

<b>Nombre</b>	<b>Formula</b>	<b>Nutrientes Principales</b>	<b>Cantidad / litro de solución.</b>
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> )	15.5% N , 18.57% Ca	0.80 g
Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	22.60% P, 28.33% K	0.221 g
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13.0%N , 38.33%K	0.192 g
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	41.66% K, 17.00% S	0.036 g
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O	9.5% Mg, 13.0% S	0.338 g

Para aumentar el nitrógeno en 200 y 250 partes por millón en los respectivos tratamientos se utilizó una solución concentrada de nitrato de amonio, la cual se preparó agregando 113.0 gramos del fertilizante en un galón de agua y de esta solución se tomaron alícuotas de 5 y 10 milímetros respectivamente por cada litro de solución que se preparó.

**Cuadro 40.** Cantidad de fertilizantes que se utilizó en la preparación de las soluciones nutritivas en el nivel de nutrición floración.

<b>Nombre</b>	<b>Formula</b>	<b>Nutrientes Principales</b>	<b>Cantidad / litro de solución.</b>
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> )	15.5% N , 18.57% Ca	0.807 g
Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	22.60% P, 28.33% K	0.221 g
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13.0%N , 38.33%K	0.192 g
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	41.66% K, 17.0% S	0.156 g
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O	9.5% Mg, 13.0% S	0.385 g

**Cuadro 41.** Cantidad de fertilizantes que se utilizó en la preparación de las soluciones nutritivas en el nivel de nutrición fructificación.

Nombre	Formula	Nutrientes Principales	Cantidad / litro de solución.
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> )	15.5% N , 18.57% Ca	0.807 g
Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	22.60% P, 28.33% K	0.221 g
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13.0%N , 38.33%K	0.192 g
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	41.66% K, 17.0% S	0.274g
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O	9.5% Mg, 13.0% S	0.315 g

Para incrementar el potasio en 300 y 350 ppm en los tratamientos se utilizó una solución concentrada de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, la cual se preparó agregando 90.84 g del fertilizante en un galón de agua y de esta solución se tomaron 5 y 10 ml respectivamente por cada litro que se preparó.

## **12.- ARTICULO CIENTIFICO**

### **INTRODUCCIÓN**

Las técnicas culturales aplicadas a la producción agrícola, han experimentado cambios rápidos y notables durante las últimas décadas. Parte de estos ha consistido en la sustitución gradual de los cultivos tradicionales en el suelo por los cultivos sin suelo (hidropónicos). La principal razón de esta sustitución es la existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en el suelo natural, tanto en campo abierto como en condiciones protegidas (invernadero), particularmente por erosión, salinidad, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas.

Por otro lado la utilización de soluciones estáticas, para producir tomate bajo invernadero en cultivo hidropónico, contienen las mismas concentraciones de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo. Hasta el momento no se ha generado información específica del uso de soluciones nutritivas adaptadas a las diferentes fases de crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (soluciones dinámicas), para las condiciones de nuestro país.

La utilización de soluciones nutritivas dinámicas permite mantener una nutrición sincronizada entre las fases de crecimiento y desarrollo de las plantas, con la absorción de nutrientes de mayor importancia en cada una de ellas, obteniéndose así mayor aprovechamiento de nutrientes y un incremento substancial en la producción. La utilización del sistema de hidroponía cerrada nos permite aprovechar al máximo agua y nutrientes presentes en la solución nutritiva, evitando desperdicio de agua y lixiviación de nutrientes.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo de la investigación es evaluar tres concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva sobre el rendimiento del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, híbrido titán bajo el sistema de hidroponía cerrada.

### **MATERIALES**

Materiales.- Invernadero (200m<sup>2</sup>), canales de cultivo de (0,10m por lado y 3m de largo), tanques de 200 litros, malla, tubos de ½ pulg, manguera de ¾.pulg, cinta de goteo, accesorios, alambre, pingos, estacas, herramientas de cultivo, flexómetro, calibrador (pie de rey) y rótulos de madera.

Equipos.- Equipo de fumigar, bomba caudal 1", cámara fotográfica, computador, balanza digital, termómetro y potenciómetro.

Insumos: Semilla certificada híbrido Titán: Fertilizantes químicos, Insecticidas, Fungicidas.

### **MÉTODOS**

#### **FASE VEGETATIVA (HASTA LOS 60 DIAS)**

Factores en estudio.

En esta fase se evaluaron cuatro concentraciones de nitrógeno (N0:150 ppm; N1:200 ppm; N2:250 ppm; N3:300 ppm.). Se utilizó una distribución de Diseño Completamente al Azar, con cuatro concentraciones de nitrógeno, se realizó nueve repeticiones por tratamiento a excepción del tratamiento testigo (N0) que tuvo tres repeticiones, dando un total de treinta unidades experimentales.

Características del experimento.- El canal de cultivo fue de forma rectangular (0,10m de alto; 0,27m de ancho y 3m de largo), cada unidad experimental constó de 6 plantas, distribuidas a 0,5m de distancia a lo largo del canal las variables evaluadas fueron altura de planta (30 y 60 días), diámetro de la base del tallo y días a la floración.

### **FASE DE FRUCTIFICACION (A PARTIR DE LOS 61 DIAS).**

Factores en estudio.

Los factores de estudio son los siguientes; Factor A (FA), que corresponde a las concentraciones de nitrógeno (N1:200 ppm; N2:250 ppm; N3:300 ppm); Factor B (FB), que corresponde a las concentraciones de potasio (K1:250 ppm; K1:300 ppm; K1:350 ppm) y un testigo (T0). Se utilizó una distribución de Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial (AxB+1), en donde A corresponde a las concentraciones de nitrógeno y B a las concentraciones de potasio adicionalmente se tuvo un testigo absoluto. Se realizó 3 repeticiones por tratamiento dando un total de 30 unidades experimentales.

Variables a evaluar. Para evaluar el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y rendimiento del tomate se tomó las siguientes variables; altura de planta (90 días), días al inicio de la cosecha, rendimiento en peso de frutos de tomate en kg/planta y número de frutos de primera categoría

Análisis económico.- El análisis económico se realizó por medio del cálculo de rentabilidad de los tratamientos y la relación beneficio/costo de los mismo.

### **RESULTADOS**

Se propone continuar con estudios en los que se incluyan otros nutrientes como calcio fosforo y otros elementos que sin duda influyen en el desarrollo del cultivo, a más de ello podemos incluir el uso de otros. Además se debería trabajar con soluciones nutritivas de origen orgánico como bioles, purines que igual podrían funcionar como fuente de nutrientes, de esta manera se obtendría productos de mayor calidad para el consumidor.

### **CONCLUSIONES**

Manteniendo las concentraciones de 300 ppm de nitrógeno en la fase vegetativa y 250 ppm de potasio en la fase de fructificación en la solución nutritiva, favorece el incremento de rendimiento y frutos de primera categoría, esto se debe a la influencia e importancia que tiene cada nutriente en su respectiva fase de cultivo.

El uso de soluciones nutritivas dinámicas en cultivo de tomate, tiene un efecto positivo sobre altura de planta, vigor de tallo, rendimiento y calidad tal como se observa en los resultados obtenidos en la presente investigación.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar un manejo agronómico que permita alargar el ciclo de producción en por lo menos dos meses más y medir los rendimientos, también se recomienda reducir el ancho del canal de cultivo para lograr que las raíces de la plantas formen un colchón radicular mas rápido, favoreciendo de esta manera a la retención de nutrientes en el mismo.

Continuar con otras investigaciones modificando otros elementos como el fosforo, calcio, para mejorar la respuesta del cultivo bajo sistema hidropónico cerrado.

## **BIBLIOGRAFIA**

DURAN, J; MARTÍNEZ, E; NAVAS, L. 1999. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. 10p.

F.A.O.2005 Manual técnico. Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf>

FAVELA, E. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Chapingo, México 2006.

## **RESUMEN**

En la investigación “RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* Mill, HIBRIDO TITAN BAJO EL SISTEMA DE HIDROPONIA CERRADA, CON TRES CONCENTRACIONES DE NITROGENO Y POTASIO EN SOLUCION NUTRITIVA”.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto en cultivo de tomate de tres concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva bajo el sistema hidropónico cerrado. El ensayo de campo se realizó en la granja de producción orgánica (Mi Granjita), ubicada en el cantón Antonio Ante, parroquia de Chaltura. Se estudiaron cuatro concentraciones de nitrógeno en SN para la fase vegetativa, los tratamientos resultantes (N0: 150 ppm, N1: 200 ppm, N2: 250 ppm y N3: 300 ppm) fueron distribuidos en un Diseño Completamente al Azar con nueve repeticiones a excepción del N0 que tubo tres repeticiones. Mientras para la fase de fructificación se estudio la interacción N-K. Sus tratamientos resultantes (T1: 200 ppm N y 250 ppm K; T2: 200 ppm N y 300 K ppm; T3: 200 ppm N y 350 ppm K; T4: 250 ppm N y 250 ppm; T5: 250 ppm N y 300 ppm K; T6: 250 ppm N y 350 ppm K; T7: 300 ppm N y 250 ppm K; T8: 300 ppm N y 300 ppm K; T9: 300 ppm N y 350 ppm K T2 y T0: 150 ppm N y 150 ppm K) fueron distribuidos en diseño completamente al azar con arreglo factorial (A x B + 1) adicionalmente se tuvo un testigo absoluto, se realizo tres repeticiones por tratamiento dando un total de 30 unidades

experimentales que su vez constan de 6 plantas distribuidas a lo largo de un canal de cultivo de 3 m.

La aplicación de diferentes concentraciones de N en la fase vegetativa y potasio en la fase de fructificación influyo en el crecimiento de la planta; precocidad a la floración y fructificación, rendimiento en Kg/planta y frutos de primera categoría. El mejor tratamiento fue T7 (300 ppm N y 250 ppm K) misma que durante todo el ensayo mantuvo promedios superiores al resto, así por ejemplo en rendimiento obtuvo 4,8 Kg/planta y en frutos de primera categoría tuvo 19 frutos por planta esto sin afectar las cualidades bromatológicas (sabor, color y textura).

#### ABSTRACT

The investigation YIELD OF THE CULTIVATION OF TOMATO *Lycopersicon esculentum* MILL, HYBRID TITAN UNDER THE SYSTEM DE CLOSED HYDROPONIC WITH THREE CONCENTRATIONS OF NITROGEN AND POTASSIUM IN NUTRITIOUS SOLUTION.

The objective of the present work was to evaluate the effect in culture of tomato of three concentrations of nitrogen and potassium in nutritious solution under the closed hydroponic system. The field test was realised in the farm of organic production (Mi Granjita), located in the corner Antonio Before, parish of Chaltura. Four nitrogen concentrations in SN for the vegetative phase, the resulting treatments (N0 studied: 150 ppm, N1: 200 ppm, N2: 250 ppm and N3: 300 ppm) were distributed in Completely at random with nine repetitions with the exception of the N0 that tube three repetitions. While for the phase of fruition study interaction N-K. Its resulting treatments (T1: 200 ppm N and 250 ppm K; T2: 200 ppm N and 300 K ppm; T3: 200 ppm N and 350 ppm K; T4: 250 ppm N and 250 ppm; T5: 250 ppm N and 300 ppm K; T6: 250 ppm N and 350 ppm K; T7: 300 ppm N and 250 ppm K; T8: 300 ppm N and 300 ppm K; T9: 300 ppm N and 350 ppm K T2 and T0: 150 ppm N and 150 ppm K) were distributed in design completely at random with factorial adjustment (A x B + 1) additionally had an absolute witness, realised three repetitions by treatment having given a total of 30 experimental units that their time consist of 6 plants distributed throughout a channel of culture of 3 m. The application of different concentrations from N in the vegetative phase and potassium in the phase of fruition influence in the growth of the plant; precociousness to the flowering and fruition, yield in Kg/plant and fruits of first category. The best treatment was T7 (300 ppm N and 250 ppm K) same that throughout the test maintained averages superiors to the rest, thus for example in 4.8 yield obtained Kg/plant and in fruits of first category this without affecting the qualities had 19 fruits by plant (flavor, color and texture).1

### Datos personales 1



**APELLIDOS:** Piarpuezán Coral.

**NOMBRES:** Geovana Alexandra.

**C. CIUDADANIA:** 040151042-5

**TELEFONO CELULAR:** 099-330-601

**E-mail:** anghelax24@yahoo.es

**DIRECCIÓN:** Imbabura – Ibarra - El Olivo – Av. 17 de julio.

**AÑO: FECHA DE DEFENSA DE TESIS:** 27/04/2011

### Datos personales 2



**APELLIDOS:** Remache Limaico.

**NOMBRES:** Edison Homero

**C. CIUDADANIA:** 100313188-3

**TELEFONO CELULAR:** 082-943-843

**E-mail:** edi1\_rmache@yahoo.es

**DIRECCIÓN:** Imbabura – Antonio Ante - Chaltura – Calle Juan Bosco.

**AÑO: FECHA DE DEFENSA DE TESIS:** 27/04/2011

## Formato del Registro Bibliográfico

Guía: FICAYA-UTN

Fecha:

**REMACHE E; PIARPUEZAN G. 2011.** "Rendimiento de cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill híbrido titán, bajo el sistema de hidroponía cerrada, con tres concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva". TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Imbabura, Ecuador, mayo 2011.

**DIRECTOR: *Barragán, Raúl.***

Rendimiento de cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill híbrido titán, bajo el sistema de hidroponía cerrada, con tres concentraciones de nitrógeno y potasio en solución nutritiva. Se evaluó el efecto del nitrógeno y potasio en la fase vegetativa y fructificación respectivamente. Las variables tomadas en cuenta fueron altura de planta, diámetro de tallo, días a la floración y cosecha, rendimiento, número de frutos y análisis económico.

Fecha: 27-04-2011

f) Autor

F) Autor

f) Director de Tesis